

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-133315

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl.

G02B 25/00

G02B 27/02

G09F 9/00

H04N 5/64

H04N 5/74

(21)Application number : 09-296836

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 29.10.1997

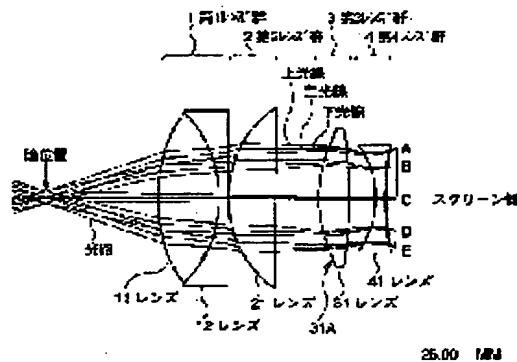
(72)Inventor : NAKATSUE TAKEHIRO

(54) EYEPIECE AND VIRTUAL IMAGE PRESENTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an eyepiece having long eye relief and high resolution over a wide image angle even when a pupil position is deviated from an optical axis.

SOLUTION: An eyepiece is constituted of 1st lens group 1 to 4th lens group 4 arranged successively from the pupil side. The 1st lens group 1 is constituted of joining a positive lens 11 with a negative lens 12, the 2nd and 3rd lens groups 2, 3 are respectively constituted of positive lenses 21, 31, and the 4th lens group 4 is constituted of a negative lens 41. At least one surface out of the 3rd lens group 3 or the 4th lens group 4, i.e., the pupil side surface 31A of the 3rd lens group 3 in Fig.1, is made an aspheric surface and the shape coefficient of the 2nd lens group 2 is set up to a value >0.5 .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-133315

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 25/00

G 0 2 B 25/00

A

27/02

27/02

Z

G 0 9 F 9/00

3 5 7

G 0 9 F 9/00

3 5 7

H 0 4 N 5/64

5 1 1

H 0 4 N 5/64

5 1 1 A

5/74

5/74

A

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号

特願平9-296836

(22) 出願日

平成9年(1997)10月29日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 中枝 武弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

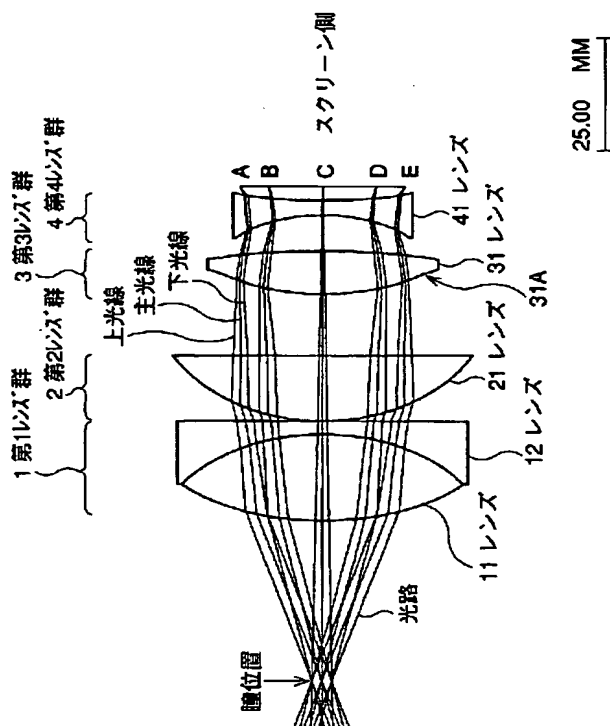
(74) 代理人 弁理士 稲本 義雄

(54) 【発明の名称】 接眼レンズおよび虚像提供装置

(57) 【要約】

【課題】 アイレリーフが長く、瞳位置が光軸からずれても、広い画角に亘って、高解像力な接眼レンズを提供する

【解決手段】 接眼レンズは、第1レンズ群1乃至第4レンズ群4が、瞳側から順次配置されて構成されている。第1レンズ群1は、正レンズ11と負レンズ12とを接合して構成され、第2レンズ群2または第3レンズ群3は、正レンズ21または31でそれぞれ構成され、第4レンズ群4は、負レンズ41で構成されている。そして、第3レンズ群3または第4レンズ群4のうちの少なくとも1面、即ち、図1では、第3レンズ群3の瞳側の面31Aが非球面とされており、さらに、第2レンズ群2の形状係数が0.5より大きい値とされている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 乃至第 4 のレンズ群が、瞳側から順次配置されて構成される接眼レンズであって、前記第 1 のレンズ群は、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、前記第 2 および第 3 のレンズ群は、正レンズで構成され、

前記第 4 のレンズ群は、負レンズで構成され、前記第 3 または第 4 のレンズ群のうちの少なくとも 1 面が非球面とされていることを特徴とする接眼レンズ。

【請求項 2】 前記第 2 のレンズ群の形状係数が 0.5 より大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 3】 前記第 3 のレンズ群の瞳側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 3 のレンズ群の瞳側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-1.3 < k < 0.6$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 4】 前記第 3 のレンズ群の瞳側と反対側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 3 のレンズ群の瞳側と反対側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-0.9 < k < 1.4$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 5】 前記第 4 のレンズ群の瞳側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 4 のレンズ群の瞳側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-1.9 < k < -1.1$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 6】 前記第 4 のレンズ群の瞳側と反対側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 4 のレンズ群の瞳側と反対側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-1.8 < k < 2.0$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 7】 映像を表示する表示装置と、前記映像の虚像を形成する光学系とを備える虚像提供装置であって、前記光学系は、第 1 乃至第 4 のレンズ群が、瞳側から順次配置されて構成され、

前記第 1 のレンズ群は、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、

前記第 2 および第 3 のレンズ群は、正レンズで構成され、

前記第 4 のレンズ群は、負レンズで構成され、

前記第 3 または第 4 のレンズ群のうちの少なくとも 1 面が非球面とされていることを特徴とする虚像提供装置。

【請求項 8】 前記第 2 のレンズ群の形状係数が 0.5 より大きいことを特徴とする請求項 7 に記載の虚像提供装置。

【請求項 9】 前記第 3 のレンズ群の瞳側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 3 のレンズ群の瞳側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-1.3 < k < 0.6$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 7 に記載の虚像提供装置。

【請求項 10】 前記第 3 のレンズ群の瞳側と反対側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 3 のレンズ群の瞳側と反対側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-0.9 < k < 1.4$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 7 に記載の虚像提供装置。

【請求項 11】 前記第 4 のレンズ群の瞳側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 4 のレンズ群の瞳側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-1.9 < k < -1.1$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 7 に記載の虚像提供装置。

【請求項 12】 前記第 4 のレンズ群の瞳側と反対側の面のみが非球面とされている場合において、前記第 4 のレンズ群の瞳側と反対側の面の 4 次の非球面係数を a と、前記第 1 乃至第 4 のレンズ群の全系の焦点距離を f と、所定の係数を k と、それぞれするとき、式 $-1.8 < k < 2.0$ 、但し、 $a = (k/f)^3$ が成立することを特徴とする請求項 7 に記載の虚像提供装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、接眼レンズおよび虚像提供装置に関し、特に、例えば、性能の高い接眼レンズを実現することにより、瞳位置が光軸からずれても、広い画角に亘って、高解像度の虚像を提供することができるようにする接眼レンズおよび虚像提供装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、テレビジョン放送による映像や、コンピュータにおいて生成された映像などは、CRT (Cathode Ray Tube) などを用いて表示される。

【0003】しかしながら、CRTは、その設置に、かなりの場所を占有する。

【0004】そこで、近年における、液晶などの2次元映像表示装置（素子）の小型化に伴い、そのような小型の映像表示装置と接眼レンズ、さらには、必要に応じて投影レンズをも組み合わせ、接眼レンズによって、映像表示装置が表示する映像の虚像を観察する、頭部に装着することの可能なHMD (Head Mount Display) と呼ばれる映像提供装置（虚像提供装置）が実現されている。

【0005】しかしながら、HMDは、頭部に装着するため、ユーザに拘束感を感じさせ、また、周囲を見る場合には、その都度、HMDを脱着しなければならず、不便であった。

【0006】そこで、本件出願人は、例えば、特願平8-307667号として、映像表示装置と接眼レンズとを組み合わせた映像提供装置を、ユーザ以外のものに固定し、ユーザが接眼レンズをのぞくことで、虚像の観察が可能な表示装置を、先に提案している。このような表示装置によれば、HMDのような拘束感はなく、また、周囲も容易に見ることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、映像提供装置を、ユーザ以外のものに固定した場合、例えば、ユーザが動くことによって、ユーザの瞳と、接眼レンズとの相対的な位置関係が変化する。従って、ユーザが、ある程度、光軸方向に動いても、ユーザの瞳と、接眼レンズとが接触しないように、それらの間隔をとる必要がある。また、視力の低いユーザは、眼鏡をかけた状態で、映像提供装置の使用を行うことがあるから、眼鏡をかけたユーザが、ある程度、光軸方向に動いても、眼鏡と、接眼レンズとが接触しないようにする必要もあり、このような眼鏡をかけたユーザも考慮すると、ユーザの瞳と接眼レンズとの間隔は、さらに長くとる必要がある。

【0008】ここで、瞳から、瞳側のレンズまでの長さ、即ち、アイレリーフを充分にとった接眼レンズは、ハイアイポイントの接眼レンズと呼ばれるが、ハイアイポイントの接眼レンズとしては、例えば、USP 2, 637, 245やUSP 4, 054, 370などに開示されたものがある。

【0009】また、ユーザが、光軸と垂直な方向に動いた場合には、ユーザの瞳位置が、光軸上からずれるが、接眼レンズは、そのような状態でも、高解像度の映像（虚像）を提供することができる、瞳位置のずれの許容量の大きい性能の高いものであるのが望ましい。

【0010】さらに、従来、映像表示装置としては、横×縦の画素数が640×480 (VGA) 程度のものが

一般的であったが、最近では、高画質化の要請等から、例えば、1024×768 (XGA) や、1600×1200 (UXGA)、1920×1080 (ハイビジョン) などの画素数を有する映像表示装置が一般的になりつつあり、これに伴い、接眼レンズとしても、より高解像力で、画角の広いものが必要となってきた。

【0011】しかしながら、アイレリーフを長くすることを、瞳位置のずれの許容量を大きくすることとは、背反する要求であり、さらに、これらの要求と、解像力を高めることや、画角を広くすることも、それぞれ背反する要求である。

【0012】具体的には、例えば、USP 2, 549, 158に開示されている接眼レンズでは、画角は80度程度と広いが、アイレリーフは0.76f程度である。これに対して、例えば、USP 2 637 245に開示されている接眼レンズでは、アイレリーフは1.375f程度とハイアイポイントであるが、画角は42度程度である。さらに、これらの接眼レンズの解像力では、いずれも、UXGAやハイビジョンの規格に対応することは困難である。

【0013】一方、接眼レンズの（全系の）焦点距離を長くすれば、同一構成であっても、アイレリーフを長くし、さらに、瞳位置のずれの許容量を大きくすることができる。

【0014】しかしながら、映像の大きさが一定の場合においては、画角は、焦点距離に反比例するため、接眼レンズの焦点距離を長くすると、画角が狭くなり、臨場感が損なわれることになる。この場合、接眼レンズを介して見る映像を大きくすれば、画角を確保することが可能であるが、ユーザが、接眼レンズを介して、映像表示装置が表示する映像を直接見ることで、虚像が提供される虚像提供装置では、映像表示装置の大きさが制限されるため、画角の確保が困難である。

【0015】そこで、映像表示装置が表示する映像を、光学系によって、スクリーン上に拡大投影し、その投影像を、接眼レンズを介して見る方法がある。この場合、投影像の大きさは、光学系の倍率、および映像表示装置からスクリーンまでの距離によって設定することができ、これにより、大きな投影像を形成することで、大きな画角を確保することが可能となる。

【0016】しかしながら、大きな投影像を形成するには、光学系の倍率を大きくし、かつ、映像表示装置からスクリーンまでの距離を長くする必要があり、その結果、虚像提供装置全体が大型化することになる。

【0017】また、画角は、接眼レンズの焦点距離を短くすることで大きくすることができるが、この場合、アイレリーフが短くなり、瞳位置のずれの許容量も小さくなる。さらに、画角を大きくすると、一般に、非点収差や、像面歪曲、歪曲収差、倍率色収差などが大きくなり、解像度を確保することが困難となる。

【0018】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、接眼レンズのアイレリーフを長くするとともに、瞳位置が光軸からずれても、広い画角に亘って、高解像度の映像を提供することができるようにするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の接眼レンズは、第1のレンズ群が、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、第2および第3のレンズ群が、正レンズで構成され、第4のレンズ群が、負レンズで構成され、第3または第4のレンズ群のうちの少なくとも1面が非球面とされていることを特徴とする。

【0020】請求項7に記載の虚像提供装置は、映像の虚像を形成する光学系における第1のレンズ群が、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、第2および第3のレンズ群が、正レンズで構成され、第4のレンズ群が、負レンズで構成され、第3または第4のレンズ群のうちの少なくとも1面が非球面とされていることを特徴とする。

【0021】請求項1に記載の接眼レンズにおいては、第1のレンズ群が、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、第2および第3のレンズ群が、正レンズで構成され、第4のレンズ群が、負レンズで構成されている。そして、第3または第4のレンズ群のうちの少なくとも1面が非球面とされている。

【0022】請求項7に記載の虚像提供装置においては、映像の虚像を形成する光学系における第1のレンズ群が、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、第2および第3のレンズ群が、正レンズで構成され、第4のレンズ群が、負レンズで構成されている。そして、第3または第4のレンズ群のうちの少なくとも1面が非球面とされている。

【0023】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の接眼レンズの第1実施の形態の構成例を示している。

【0024】前述したように、接眼レンズのアイレリーフと長くすることと、瞳位置のずれ量に対する許容量を大きくすることとは、背反する要求であり、従って、アイレリーフと瞳位置のずれの許容量とは、両者のバランスを考え、実用上許容することができる値を設定する

$$sf_2 = (r_5 + r_4) / (r_5 - r_4)$$

【0032】そして、第2レンズ群2は、この形状係数 $0.5 < sf_2$

を満たすように構成されている

【0033】第2レンズ群2の形状係数を 0.5 より大きい値としたのは、これ以下の値であると、非点収差が大きくなり、図2に斜線を付して示すような、接眼レンズを介して観察される虚像の、中央と端との間の中間領域の

必要がある。

【0025】図1の第1実施の形態の接眼レンズ（後述する第2乃至第4実施の形態の接眼レンズについても同様）では、アイレリーフが、例えば 35 mm （ミリメートル）以上に、瞳位置のずれの許容量が、例えば $\pm 9\text{ mm}$ に設定されている。さらに、画角は、水平画角（全角）で 35 度、対角画角（全角）で 40 度以上確保することができるように設定されている。

【0026】なお、例えば、双眼鏡などでは、アイレリーフは、一般に 20 mm 程度とされているが、ここでは、接眼レンズが、前述の、ユーザ以外のものに固定される映像提供装置に使用された場合に、眼鏡をかけたユーザが、ある程度、光軸方向に動いても、眼鏡と、接眼レンズとが接触しないようにするために、アイレリーフを 35 mm 以上に設定している。

【0027】また、一般に、臨場感を感じる水平画角は 30 度以上とされているため、水平画角を 35 度に設定している。

【0028】図1において、接眼レンズは、4群5枚のレンズで構成されている。即ち、接眼レンズ（光学系）は、第1レンズ群1、第2レンズ群2、第3レンズ群3、第4レンズ群4が、瞳側から順次配置されて構成されている。なお、図1において、第4レンズ群4の右側に、例えば、虚像を形成する像が投影されるスクリーンなどが設置され、その像を、第1レンズ群1の左側から見ることで、その虚像を観察することができる。

【0029】第1レンズ群1（第1のレンズ群）は、正レンズであるレンズ11と負レンズであるレンズ12とが接合されて構成されている。なお、レンズ11が瞳側に、レンズ12が瞳と反対側（スクリーン側）に、それぞれ配置されている。

【0030】第2レンズ群2（第2のレンズ群）は、正レンズであるレンズ21で構成されている。さらに、第2レンズ群2の形状係数は 0.5 より大きい値とされている。即ち、第2レンズ群2の瞳側の面の曲率半径を r_4 と、その瞳側と反対側（スクリーン側）の面の曲率半径を r_5 と、それぞれするとき、第2レンズ群2の形状係数 sf_2 は、次式で表される。

【0031】

$$\dots (1)$$

sf_2 が、式

$$\dots (2)$$

解像度が、接眼レンズの解像力の低下により劣化するからである。

【0034】なお、第2レンズ群2の形状係数は、 0.5 より大きい値とするのが望ましいのであって、それ以下の値にすることができないということではない。

【0035】第3レンズ群3（第3のレンズ群）も、正レンズであるレンズ31で構成されている。

【0036】第4レンズ群4（第4のレンズ群）は、負レンズであるレンズ41で構成されている。

【0037】そして、以上の第1レンズ群1乃至第4レンズ群4のうち、図1では、第3レンズ群3を構成する

$$-1.3 < k_{31} < 0.6, \text{ 但し, } a_{31} = (k_{31}/f)^3$$

が成立するように、係数 k_{31} が設定されている。

【0038】これは、係数 k_{31} が、 -1.3 以下となる場合には、図2に斜線を付して示した中間領域の像面

（メリジオナル方向の像面）が正方向に曲がりすぎ、また、瞳を動かしたときに、映像の画面の周辺（端）部分で、コマ収差が大きくなり、いずれにしても、解像力が劣化するからである。一方、係数 k_{31} が 0.6 以上となる場合には、映像の画面の周辺部分の像面が負方向に曲

$$Z = ch^2 / (1 + (1 - (1 + K) c^2 h^2)^{1/2} + ah^4 + bh^6$$

但し、 c は面の頂点での曲率を、 h は光軸からの高さを、 K は円錐係数を、それぞれ表す。なお、ここでは、 $K=0$ としてある。

【0041】ここで、係数 k_{31} は、式（3）に示した範囲外の値にすることができないというわけではない。但し、式（3）の範囲外とする場合には、接眼レンズが、以下のような性能を下回ることになる。

【0042】即ち、図1に示した接眼レンズの第1実施の形態では（後述する接眼レンズの第2乃至第4実施の形態においても同様）、3本の光路を1組として、5組の光路A乃至Eを図示してあるが、例えば、光軸上の3本の光路を例にすれば、その3本の光路は、上から順番に、上光線、主光線、下光線をそれぞれ表している。

【0043】そして、ここでは、瞳が光軸上にある場合において、像面上での上光線と下光線との横収差の差が、2分50秒（ $=0.0472$ 度）以上となることを、接眼レンズの解像力が劣化する範囲としている。

【0044】即ち、接眼レンズを介して映像（虚像）を観察する場合には、その観察映像の画素を区別することができるのが望ましい。この場合、上光線や下光線などの接眼レンズを通る各光線が1乃至2画素分以下の収差をもって結像することが要求される。一方、ここでは、接眼レンズによって、例えば、横×縦が 1600×1200 画素などの高解像度の映像の虚像を観察することを想定している。いま、水平視野角を、 30 度以上の、例えば 35 度とすると、 35 度の水平視野角に対して、上光線と下光線との横収差の差が2分50秒であることは、 35 度の水平画角に対して、 $1/741$ の解像力があることに相当する。この解像力は、 1600×1200 画素で構成される映像における約2画素分の解像力となる。

レンズ31の瞳側の面31Aだけが非球面とされている。さらに、この場合、第3レンズ群3の瞳側の面31Aの4次の非球面係数を a_{31} と、接眼レンズの全系の焦点距離を f と、所定の係数を k_{31} と、それぞれするとき、式

$$\dots (3)$$

がすぎ、解像力が劣化するからである。

【0039】なお、レンズの4次の非球面係数は、6次の非球面係数とともに、そのレンズの非球面のサグ量を定義するもので、サグ量を Z と、4次または6次の非球面係数を a または b と、それぞれするとき、サグ量 Z は、次式で表される。

【0040】

$$\dots (4)$$

【0045】従って、ここでは、 1600×1200 画素で構成される映像を、 35 度の水平画角を確保して観察した場合に、2画素の区別ができなくなるときをもって、解像力が劣化するという。

【0046】瞳が光軸上にある場合は、上述の通りであるが、瞳が光軸上にない場合（但し、上述した瞳のずれの許容量である、光軸から ± 9 mmの範囲にはある場合）においては、像面の倒れについては、像面上での上光線と下光線との横収差の差が4分以上のときを、コマ収差については、上光線と主光線との横収差の差または下光線と主光線との横収差の差のうちの少なくとも一方が4分以上のときを、解像力が劣化する範囲としている。

【0047】係数 k_{31} を式（3）の範囲外とした場合には、上述したような意味で、解像力が劣化する。ここで、以下に説明する非球面係数に関する条件も、上述したような意味で解像力の劣化がないように設定されている。

【0048】なお、ここでは、 1600×1200 画素で構成される映像を、 35 度の水平画角を確保して観察した場合に、最悪でも2画素の区別が可能のように設定を行うようにしたが、より好ましくは、1画素以下の区別が可能のように設定を行うことができる。これは、上光線と下光線との横収差の差が1分20秒（ 0.022 度）以下となるようにすれば良い。

【0049】次に、係数 k_{31} を、式（3）に示した範囲の中間の範囲の値である、例えば -0.800 とした場合に、図1の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式（2）を満たすように設定すると、例えば、以下ようになる。

【0050】

$$r_0 = \infty \quad d_0 = 35.000000$$

$r1= 50.24994$ $d1=19.437488$ $nd1=1.578294$ $\nu d1=62.6745$
 $r2= -41.86735$ $d2= 3.000000$ $nd2=1.750353$ $\nu d2=32.8672$
 $r3= 392.33990$ $d3= 0.100000$
 $r4= 38.58461$ $d4=14.577210$ $nd4=1.487000$ $\nu d4=70.4000$
 $r5= 578.24030$ $d5=14.098421$
 $r6= 38.98957$ $d6= 9.615117$ $nd6=1.600080$ $\nu d6=61.3702$
 $r7= -138.62195$ $d7= 8.369858$
 $r8= -31.64800$ $d8= 3.000000$ $nd8=1.755000$ $\nu d8=27.6000$
 $r9= 78.58062$
 $a_{31}=-0.522192 \times 10^{-5}$
 $b_{31}=-0.715067 \times 10^{-8}$
 $f=46.112$

... (5)

【0051】ここで、 $r0$ 乃至 $r9$ は、瞳面、レンズ11の瞳側の面、レンズ11のスクリーン側の面（レンズ12の瞳側の面）、レンズ12のスクリーン側の面、レンズ21の瞳側の面、レンズ21のスクリーン側の面、レンズ31の瞳側の面、レンズ31のスクリーン側の面、レンズ41の瞳側の面、またはレンズ41のスクリーン側の面それぞれにおける曲率半径（mm）を表す。また、 $d0$ は、瞳から接眼レンズ、即ち、第1レンズ群1のレンズ11までの距離（アイレリーフ）（mm）を表し、 $d1$ 乃至 $d8$ は、レンズ11の厚み、レンズ12の厚み、レンズ12とレンズ21との間の空気間隔、レンズ21の厚み、レンズ21とレンズ31との間の空気間隔、レンズ31の厚み、レンズ31とレンズ41との間の空気間隔、レンズ41の厚み（mm）を、それぞれ表す。さらに、 $nd1$, $nd2$, $nd4$, $nd6$, または $nd8$ は、レンズ11, 12, 21, 31, または41それぞれの硝材の d 線における屈折率を表し、 $\nu d1$, $\nu d2$, $\nu d4$, $\nu d6$, または $\nu d8$ は、レンズ11, 12, 21, 31, または41それぞれの硝材の d 線におけるアッペ数を表す。また、 a_{31} または b_{31} は、非球面である、第3レンズ群3の瞳側の面31Aの4次または6次の非球面係数をそれぞれ表し、 f は、波長が525nm（ナノメートル）の光における接眼レンズの焦点距離を表す。

【0052】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、1.143となり、式（2）を満たす。

【0053】接眼レンズの各パラメータが、式（5）に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、図1に示したような光路図が描かれる。また、この場合の球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図3に示すようになり、像面上における横収差は、図4に示すようになる。

$r0= \infty$ $d0=35.000000$
 $r1= 44.98305$ $d1=21.788580$ $nd1=1.551875$ $\nu d1=64.4815$
 $r2= -40.61049$ $d2= 3.000000$ $nd2=1.751778$ $\nu d2=31.0426$
 $r3= -525.70221$ $d3= 7.145805$
 $r4= 36.37975$ $d4=16.861732$ $nd4=1.530210$ $\nu d4=66.1883$
 $r5= -260.49181$ $d5= 9.028761$

【0054】ここで、図3において、球面収差については、波長が615.0nm, 525.0nm, 470nmの3種類の光のものを図示してある（従って、各波長の光についての球面収差を見れば、それは、縦の色収差を表していることになる）。また、図4においても、波長が615.0nm, 525.0nm, 470nmの3種類の光についての横収差を図示してある。但し、図4において、横収差は、メリジオナル方向についてだけ図示してある。さらに、図4では、図4（A）乃至図4（E）の5つの横収差を図示してあるが、これらは、図1の点A乃至Eそれぞれにおけるものである。なお、観察画角は、対角で40.8度（±20.4度）としており、図1の点A乃至点Eは、それぞれ20.4度、14.3度、0度（光軸上）、-14.3度、-20.4度の画角に相当する点である。また、瞳径は、直径で、一般に、2乃至7mm程度であるため、ここでは、ほぼ、その中間値である4mmとしてある。

【0055】なお、上述のことは、以下に示す球面収差、非点収差、および歪曲収差、並びに横収差についても同様である。

【0056】また、接眼レンズの各パラメータが、式（5）に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれたときに描かれる光路図を、図5に示す。さらに、この場合の像面上における横収差を、図6に示す。

【0057】次に、係数 k_{31} を、式（3）に示した範囲の下限值である-1.3とした場合に、図1の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式（2）を満たすように設定すると、例えば、以下のようになる。

【0058】

$r_6 = 56.89054$ $d_6 = 4.448242$ $nd_6 = 1.487000$ $\nu_{d6} = 70.4000$
 $r_7 = -105.10564$ $d_7 = 5.392555$
 $r_8 = -32.15009$ $d_8 = 4.186553$ $nd_8 = 1.755000$ $\nu_{d8} = 27.6000$
 $r_9 = 64.84861$
 $a_{31} = -0.224076 \times 10^{-4}$
 $b_{31} = 0.101922 \times 10^{-7}$
 $f = 46.112$

... (6)

【0059】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、0.755となり、式(2)を満たす。

【0060】接眼レンズの各パラメータが、式(6)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図7に示すようになり、像面上における横収差は、図8に示すようになる。

【0061】また、接眼レンズの各パラメータが、式(6)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上

$r_0 = \infty$ $d_0 = 35.000000$
 $r_1 = 50.05161$ $d_1 = 19.201337$ $nd_1 = 1.556786$ $\nu_{d1} = 64.1245$
 $r_2 = -42.93164$ $d_2 = 3.000000$ $nd_2 = 1.750946$ $\nu_{d2} = 32.0814$
 $r_3 = 3414.53698$ $d_3 = 0.100000$
 $r_4 = 38.22049$ $d_4 = 20.261766$ $nd_4 = 1.487000$ $\nu_{d4} = 70.4000$
 $r_5 = -836.90401$ $d_5 = 13.906944$
 $r_6 = 29.70857$ $d_6 = 6.730841$ $nd_6 = 1.591505$ $\nu_{d6} = 61.8656$
 $r_7 = 183.26213$ $d_7 = 6.224333$
 $r_8 = -30.65892$ $d_8 = 3.000000$ $nd_8 = 1.755000$ $\nu_{d8} = 27.6000$
 $r_9 = 91.55184$
 $a_{31} = 0.220299 \times 10^{-5}$
 $b_{31} = -0.245065 \times 10^{-7}$
 $f = 46.112$

【0064】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、0.913となり、式(2)を満たす。

【0065】接眼レンズの各パラメータが、式(7)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図10に示すようになり、像面上における横収差は、図11に示すようになる。

【0066】また、接眼レンズの各パラメータが、式(7)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図12に示すようになる。

【0067】次に、図13は、本発明の接眼レンズの第2実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図1における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この接眼レンズは、基本的に、図1における場合と同様に構成されている。

【0068】従って、第2実施の形態においても、接眼レンズは、4群5枚のレンズで構成されている。即ち、接眼レンズは、第1レンズ群1、第2レンズ群2、第3

から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図9に示すようになる。

【0062】次に、係数 k_{31} を、式(3)に示した範囲の上限値である0.6とした場合に、図1の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下のようになる。

【0063】

... (7)

レンズ群3、第4レンズ群4が、瞳側から順次配置されて構成されている。そして、第1レンズ群1は、正レンズであるレンズ11と負レンズであるレンズ12とが接合されて構成され、第2レンズ群2は、正レンズであるレンズ21で構成されている。さらに、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、ここでも、解像力の劣化を防止するために、式(2)を満たすような値、即ち、0.5より大きい値とされている。

【0069】そして、第3レンズ群3は、正レンズであるレンズ31で構成され、第4レンズ群4は、負レンズであるレンズ41で構成されている。

【0070】但し、第2実施の形態では、以上の第1レンズ群1乃至第4レンズ群4のうち、第3レンズ群3を構成するレンズ31のスクリーン側の面31Bだけが非球面とされている。さらに、この場合、第3レンズ群3のスクリーン側の面31Bの4次の非球面係数を a_{32} とするとともに、所定の係数を k_{32} と、それぞれするとき、式

$$-0.9 < k_{32} < 1.4, \text{ 但し, } a_{32} = (k_{32}/f)^3$$

... (8)

が成立するように、係数 k_{32} が設定されている。

【0071】これは、係数 k_{32} が、 -0.9 以下となる場合には、映像の画面の周辺部分の像面が負方向に曲がりすぎ、解像力が劣化するからである。一方、係数 k_{32} が 1.4 以上となる場合には、瞳を動かしたときに、映像の画面の周辺部分の像面が正方向に曲がりすぎ、やはり、解像力が劣化するからである。

```

r0=      ∞ d0=35.000000
r1= 49.57582 d1=18.673001 nd1=1.573581 νd1=62.9774
r2= -45.49569 d2= 3.000000 nd2=1.751542 νd2=31.3301
r3= 239.93171 d3= 0.100000
r4= 43.29904 d4=10.852289 nd4=1.598668 νd4=61.4503
r5= 192.70107 d5=17.389232
r6= 34.67545 d6= 9.794774 nd6=1.620000 νd6=60.3000
r7=-197.44785 d7= 9.494566
r8= -32.76053 d8= 3.000000 nd8=1.755000 νd8=27.6000
r9= 82.51277
a32=0.101990×10-4
b32=-0.956666×10-8
f=46.121

```

... (9)

【0074】ここで、 b_{32} は、非球面である、第3レンズ群3のスクリーン側の面31Bの6次の非球面係数を表す。

【0075】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、 1.580 となり、式(2)を満たす。

【0076】接眼レンズの各パラメータが、式(9)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、図13に示したような光路図が描かれる。また、この場合の球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図14に示すようになり、像面上における横収差は、図15に示すようになる。

```

r0=      ∞ d0=35.000000
r1= 47.66856 d1=21.334572 nd1=1.555536 νd1=64.2144
r2= -43.66090 d2= 3.000000 nd2=1.751888 νd2=30.9106
r3=7046.41554 d3= 0.100000
r4= 35.63434 d4=25.000000 nd4=1.487000 νd4=70.4000
r5=-881.17596 d5= 7.125332
r6= 27.02964 d6= 5.467799 nd6=1.487000 νd6=70.4000
r7= 60.81379 d7= 8.495934
r8= -25.69600 d8= 3.000000 nd8=1.755000 νd8=27.6000
r9= 300.82749
a32=-0.743508×10-5
b32=0.677046×10-7
f=46.112

```

... (10)

【0080】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、 0.922 となり、式(2)を満たす。

【0072】次に、係数 k_{32} を、式(8)に示した範囲の中間の範囲の値である、例えば 1.000 とした場合に、図13の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下ようになる。

【0073】

【0077】また、接眼レンズの各パラメータが、式(9)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から 9mm だけずれたときに描かれる光路図を、図16に示す。さらに、この場合の像面上における横収差を、図17に示す。

【0078】次に、係数 k_{32} を、式(8)に示した範囲の下限値である -0.9 とした場合に、図13の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下ようになる。

【0079】

【0081】接眼レンズの各パラメータが、式(10)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にある

ときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図18に示すようになり、像面上における横収差は、図19に示すようになる。

【0082】また、接眼レンズの各パラメータが、式(10)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図20に示すようになる。

$$\begin{aligned} r0 &= \infty \quad d0 = 35.000000 \\ r1 &= 50.34425 \quad d1 = 16.590908 \quad nd1 = 1.590853 \quad \nu d1 = 61.9042 \\ r2 &= -55.68133 \quad d2 = 3.000000 \quad nd2 = 1.752327 \quad \nu d2 = 30.3944 \\ r3 &= 224.40520 \quad d3 = 0.100000 \\ r4 &= 41.99334 \quad d4 = 8.854807 \quad nd4 = 1.620000 \quad \nu d4 = 60.3000 \\ r5 &= 101.12743 \quad d5 = 21.032002 \\ r6 &= 27.60385 \quad d6 = 13.502596 \quad nd6 = 1.533368 \quad \nu d6 = 65.9251 \\ r7 &= -65.96967 \quad d7 = 5.164372 \\ r8 &= -39.17709 \quad d8 = 3.000000 \quad nd8 = 1.755000 \quad \nu d8 = 27.6000 \\ r9 &= 51.70521 \\ a_{32} &= 0.279861 \times 10^{-4} \\ b_{32} &= -0.339646 \times 10^{-7} \\ f &= 46.112 \end{aligned}$$

【0085】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、2.420となり、式(2)を満たす。

【0086】接眼レンズの各パラメータが、式(11)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図21に示すようになり、像面上における横収差は、図22に示すようになる。

【0087】また、接眼レンズの各パラメータが、式(11)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図23に示すようになる。

【0088】次に、図24は、本発明の接眼レンズの第3実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図1における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この接眼レンズは、基本的に、図1における場合と同様に構成されている。

【0089】従って、第3実施の形態においても、接眼レンズは、4群5枚のレンズで構成されている。即ち、

$$-1.9 < k_{41} < -1.1, \text{ 但し、} a_{41} = (k_{41}/f)^3$$

が成立するように、係数 k_{41} が設定されている。

【0092】これは、係数 k_{41} が、 -1.9 以下となる場合には、図2に斜線を付して示した中間領域の像面が負方向に曲がりすぎ、解像力が劣化するからである。一方、係数 k_{41} が -1.1 以上となる場合には、瞳を動かしたときに、映像の画面の周辺部分の像面が正方向に曲がりすぎ、解像力が劣化するからである。

$$\begin{aligned} r0 &= \infty \quad d0 = 35.000000 \\ r1 &= 46.95438 \quad d1 = 15.243933 \quad nd1 = 1.624863 \quad \nu d1 = 59.3331 \end{aligned}$$

【0083】次に、係数 k_{32} を、式(8)に示した範囲の上限値である1.4とした場合に、図13の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下のようになる。

【0084】

... (11)

接眼レンズは、第1レンズ群1、第2レンズ群2、第3レンズ群3、第4レンズ群4が、瞳側から順次配置されて構成されている。そして、第1レンズ群1は、正レンズであるレンズ11と負レンズであるレンズ12とが接合されて構成され、第2レンズ群2は、正レンズであるレンズ21で構成されている。さらに、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、ここでも、解像力の劣化を防止するために、式(2)を満たすような値、即ち、0.5より大きい値とされている。

【0090】そして、第3レンズ群3は、正レンズであるレンズ31で構成され、第4レンズ群4は、負レンズであるレンズ41で構成されている。

【0091】但し、第3実施の形態では、以上の第1レンズ群1乃至第4レンズ群4のうち、第4レンズ群4を構成するレンズ41の瞳側の面41Aだけが非球面とされている。さらに、この場合、第4レンズ群4の瞳側の面41Aの4次の非球面係数を a_{41} とするとともに、所定の係数を k_{41} と、それぞれするとき、式

... (12)

【0093】次に、係数 k_{41} を、式(12)に示した範囲の中間の範囲の値である、例えば -1.500 とした場合に、図24の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下のようになる。

【0094】

$r_2 = -81.59796$ $d_2 = 3.000000$ $nd_2 = 1.755000$ $\nu d_2 = 27.6000$
 $r_3 = 262.88850$ $d_3 = 0.100000$
 $r_4 = 35.32537$ $d_4 = 5.265233$ $nd_4 = 1.634506$ $\nu d_4 = 57.5452$
 $r_5 = 42.57455$ $d_5 = 18.825720$
 $r_6 = 29.86996$ $d_6 = 13.203455$ $nd_6 = 1.543031$ $\nu d_6 = 65.1511$
 $r_7 = -118.63999$ $d_7 = 2.892257$
 $r_8 = -251.38234$ $d_8 = 11.893973$ $nd_8 = 1.755000$ $\nu d_8 = 27.6000$
 $r_9 = 40.33824$
 $a_{41} = -0.344216 \times 10^{-4}$
 $b_{41} = 0.373255 \times 10^{-7}$
 $f = 46.112$

... (13)

【0095】ここで、 b_{41} は、非球面である、第4レンズ群4の瞳側の面41Aの6次の非球面係数を表す。

【0096】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、10.746となり、式(2)を満たす。

【0097】接眼レンズの各パラメータが、式(13)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、図24に示したような光路図が描かれる。また、この場合の球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図25に示すようになり、像面上における横収差は、図26に示すようになる。

【0098】また、接眼レンズの各パラメータが、式

$r_0 = \infty$ $d_0 = 35.000000$
 $r_1 = 51.43608$ $d_1 = 20.175768$ $nd_1 = 1.620000$ $\nu d_1 = 60.3000$
 $r_2 = -48.86497$ $d_2 = 3.000000$ $nd_2 = 1.755000$ $\nu d_2 = 27.6000$
 $r_3 = 2852.31240$ $d_3 = 0.100000$
 $r_4 = 29.02626$ $d_4 = 6.819791$ $nd_4 = 1.563701$ $\nu d_4 = 63.6389$
 $r_5 = 31.02646$ $d_5 = 14.886732$
 $r_6 = 29.14243$ $d_6 = 11.868992$ $nd_6 = 1.620000$ $\nu d_6 = 60.3000$
 $r_7 = 293.64092$ $d_7 = 8.338791$
 $r_8 = -266.79528$ $d_8 = 5.960953$ $nd_8 = 1.664663$ $\nu d_8 = 32.4763$
 $r_9 = 51.30455$
 $a_{41} = -0.699328 \times 10^{-4}$
 $b_{41} = 0.953879 \times 10^{-7}$
 $f = 46.114$

【0101】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、30.023となり、式(2)を満たす。

【0102】接眼レンズの各パラメータが、式(14)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図29に示すようになり、像面上における横収差は、図30に示すようになる。

【0103】また、接眼レンズの各パラメータが、式(14)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸

$r_0 = \infty$ $d_0 = 35.000000$
 $r_1 = 42.73929$ $d_1 = 16.486633$ $nd_1 = 1.653513$ $\nu d_1 = 54.4529$
 $r_2 = -90.08130$ $d_2 = 3.000000$ $nd_2 = 1.755000$ $\nu d_2 = 27.6000$
 $r_3 = 102.53971$ $d_3 = 0.100000$

(13)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれたときに描かれる光路図を、図27に示す。さらに、この場合の像面上における横収差を、図28に示す。

【0099】次に、係数 k_{32} を、式(12)に示した範囲の下限值である-1.9とした場合に、図24の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下のようになる。

【0100】

... (14)

上から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図31に示すようになる。

【0104】次に、係数 k_{41} を、式(12)に示した範囲の上限値である-1.1とした場合に、図24の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下のようになる。

【0105】

$r_4=44.79904$ $d_4=6.635084$ $nd_4=1.620000$ $\nu d_4=60.3000$
 $r_5=90.04515$ $d_5=16.723563$
 $r_6=34.62602$ $d_6=7.621149$ $nd_6=1.487000$ $\nu d_6=70.4000$
 $r_7=180.67253$ $d_7=1.334160$
 $r_8=74.08869$ $d_8=17.786101$ $nd_8=1.755000$ $\nu d_8=27.6000$
 $r_9=34.28271$
 $a_{41}=-0.135749 \times 10^{-4}$
 $b_{41}=-0.106893 \times 10^{-7}$
 $f=46.112$

... (15)

【0106】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 $s f_2$ は、2.980となり、式(2)を満たす。

【0107】接眼レンズの各パラメータが、式(15)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図32に示すようになり、像面上における横収差は、図33に示すようになる。

【0108】また、接眼レンズの各パラメータが、式(15)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図34に示すようになる。

【0109】次に、図35は、本発明の接眼レンズの第4実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図1における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この接眼レンズは、基本的に、図1における場合と同様に構成されている。

【0110】従って、第4実施の形態においても、接眼レンズは、4群5枚のレンズで構成されている。即ち、接眼レンズは、第1レンズ群1、第2レンズ群2、第3

$$-1.8 < k_{42} < 2.0, \text{ 但し、} a_{42} = (k_{42}/f)^3$$

... (16)

が成立するように、係数 k_{42} が設定されている。

【0113】これは、係数 k_{42} が、-1.8以下となる場合には、瞳を動かしたときに、映像の画面の周辺部分でのコマ収差が大きくなり、解像力が劣化するからである。さらに、この場合、歪曲収差も負方向に大きくなるからである。一方、係数 k_{42} が2.0以上となる場合には、図2に斜線を付して示した中間領域では、像面が負方向に曲がりすぎ、周辺部分では、像面が正方向に曲が

りすぎ、解像力が劣化するからである。さらに、歪曲収差も正方向に大きくなるからである。

【0111】そして、第3レンズ群3は、正レンズであるレンズ31で構成され、第4レンズ群4は、負レンズであるレンズ41で構成されている。

【0112】但し、第4実施の形態では、以上の第1レンズ群1乃至第4レンズ群4のうち、第4レンズ群4を構成するレンズ41のスクリーン側の面41Bだけが非球面とされている。さらに、この場合、第4レンズ群4のスクリーン側の面41Bの4次の非球面係数を a_{42} とするとともに、所定の係数を k_{42} と、それぞれするとき、式

りすぎ、解像力が劣化するからである。さらに、歪曲収差も正方向に大きくなるからである。

【0114】次に、係数 k_{42} を、式(16)に示した範囲の中間の範囲の値である、例えば1.700とした場合に、図35の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 $s f_2$ が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下ようになる。

【0115】

$r_0=\infty$ $d_0=35.000000$
 $r_1=57.33885$ $d_1=18.369087$ $nd_1=1.627197$ $\nu d_1=53.4628$
 $r_2=-39.79919$ $d_2=3.000000$ $nd_2=1.752596$ $\nu d_2=30.0865$
 $r_3=370.26370$ $d_3=0.100000$
 $r_4=37.88815$ $d_4=14.933140$ $nd_4=1.487000$ $\nu d_4=70.4000$
 $r_5=632.70628$ $d_5=19.132328$
 $r_6=27.34086$ $d_6=7.538561$ $nd_6=1.620000$ $\nu d_6=60.3000$
 $r_7=87.43207$ $d_7=7.581556$
 $r_8=-29.49375$ $d_8=3.000000$ $nd_8=1.755000$ $\nu d_8=27.6000$
 $r_9=327.65071$
 $a_{42}=0.501077 \times 10^{-4}$

$$b_{42} = -0.173207 \times 10^{-6}$$

$$f = 46.112$$

【0116】ここで、 b_{42} は、非球面である、第4レンズ群4のスクリーン側の面41Bの6次の非球面係数を表す。

【0117】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、1.127となり、式(2)を満たす。

【0118】接眼レンズの各パラメータが、式(17)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、図35に示したような光路図が描かれる。また、この場合の球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図36に示すようになり、像面上における横収差は、図37に示すようになる。

$$r_0 = \infty \quad d_0 = 35.000000$$

$$r_1 = 63.74873 \quad d_1 = 16.817964 \quad nd_1 = 1.648512 \quad \nu d_1 = 49.6557$$

$$r_2 = -41.34616 \quad d_2 = 3.000000 \quad nd_2 = 1.755000 \quad \nu d_2 = 27.6000$$

$$r_3 = 540.21774 \quad d_3 = 0.100000$$

$$r_4 = 37.57345 \quad d_4 = 13.547257 \quad nd_4 = 1.487000 \quad \nu d_4 = 70.4000$$

$$r_5 = 209.85729 \quad d_5 = 21.708479$$

$$r_6 = 26.83056 \quad d_6 = 8.662030 \quad nd_6 = 1.620000 \quad \nu d_6 = 60.3000$$

$$r_7 = 130.40070 \quad d_7 = 7.164270$$

$$r_8 = -30.19076 \quad d_8 = 3.000000 \quad nd_8 = 1.755000 \quad \nu d_8 = 27.6000$$

$$r_9 = 32.73832$$

$$a_{42} = -0.594804 \times 10^{-4}$$

$$b_{42} = 0.600080 \times 10^{-8}$$

$$f = 46.112$$

【0122】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} は、1.436となり、式(2)を満たす。

【0123】接眼レンズの各パラメータが、式(18)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図40に示すようになり、像面上における横収差は、図41に示すようになる。

【0124】また、接眼レンズの各パラメータが、式(18)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸

$$r_0 = \infty \quad d_0 = 35.000000$$

$$r_1 = 57.12941 \quad d_1 = 16.680182 \quad nd_1 = 1.614935 \quad \nu d_1 = 54.1070$$

$$r_2 = -46.27543 \quad d_2 = 3.000000 \quad nd_2 = 1.753322 \quad \nu d_2 = 29.2884$$

$$r_3 = 308.46978 \quad d_3 = 0.100000$$

$$r_4 = 38.05458 \quad d_4 = 13.868119 \quad nd_4 = 1.487000 \quad \nu d_4 = 70.4000$$

$$r_5 = 293.50877 \quad d_5 = 20.101568$$

$$r_6 = 28.03696 \quad d_6 = 8.406043 \quad nd_6 = 1.675762 \quad \nu d_6 = 51.4159$$

$$r_7 = 125.69552 \quad d_7 = 6.342776$$

$$r_8 = -36.16103 \quad d_8 = 3.000000 \quad nd_8 = 1.755000 \quad \nu d_8 = 27.6000$$

$$r_9 = 29279.63461$$

$$a_{42} = 0.815921 \times 10^{-4}$$

$$b_{42} = -0.213534 \times 10^{-6}$$

$$f = 46.112$$

... (17)

【0119】また、接眼レンズの各パラメータが、式(17)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれたときに描かれる光路図を、図38に示す。さらに、この場合の像面上における横収差を、図39に示す。

【0120】次に、係数 k_{42} を、式(16)に示した範囲の下限値である-1.8とした場合に、図35の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下ようになる。

【0121】

... (18)

上から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図42に示すようになる。

【0125】次に、係数 k_{42} を、式(16)に示した範囲の上限値である2.0とした場合に、図35の接眼レンズの各パラメータを、第2レンズ群2の形状係数 s_{f2} が式(2)を満たすように設定すると、例えば、以下ようになる。

【0126】

... (19)

【0127】なお、この場合、第2レンズ群2の形状係数 $s f_2$ は、1.298となり、式(2)を満たす。

【0128】接眼レンズの各パラメータが、式(19)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上にあるときには、球面収差、非点収差、および歪曲収差は、図43に示すようになり、像面上における横収差は、図44に示すようになる。

【0129】また、接眼レンズの各パラメータが、式(19)に示すように設定されている場合に、瞳が光軸上から9mmだけずれているときの像面上における横収差は、図45に示すようになる。

【0130】以上説明した構成によれば、対角で、40度以上の画角に亘って、高解像力で、アイレリーフが長く、また、瞳位置が、ある程度、光軸上からずれても、高解像力な接眼レンズを提供することができる。

【0131】なお、式(5)乃至(7)，(9)乃至(11)，(13)乃至(15)，(17)乃至(19)から明らかなように、アイレリーフは、0.75f以上確保されている。

【0132】次に、以上説明した接眼レンズによって、映像の虚像を形成して提供する映像提供装置（虚像提供装置）について説明する。

【0133】図46は、本発明を適用した映像提供装置の第1実施の形態の構成例を示している。

【0134】表示素子（画像表示素子）51は、自発光型または透過型の表示デバイスで、ユーザに提供すべき映像を表示する。

【0135】ここで、自発光型の表示デバイスとは、画素に相当する、多数の発光素子で構成される発光部と、各発光素子の発光を制御する制御部とで構成される。自発光型の表示デバイスは、構成が単純で、軽量であり、また、自発光であるため、視野角依存性が小さい。従って、装置全体の軽量化を図ることができるとともに、斜め方向から映像を見た場合であっても、鮮明な映像を観察することができる。一方、透過型の表示デバイスとは、光を発するバックライトと、そのバックライトからの光の透過を画素単位で制御する透過光制御部から構成される。透過型の表示デバイスによれば、バックライトが発する光の量を調整することで、容易に必要な明るさを得ることができ、また、バックライトを換えるだけで、所望する明るさの映像を表示することができる。なお、自発光型の表示デバイスとしては、例えばCRTなどが、透過型の表示デバイスとしては、例えば液晶などがある。

【0136】表示素子51において表示された映像は、投影レンズ52を介して、透過式スクリーン53上に投影される。そして、この透過式スクリーン53上に投影された映像が、図1、図13、図24、または図35に示したように構成される接眼レンズ54を介することに

より、ユーザの眼球に入射し、これにより、ユーザの眼球において、表示素子51において表示された映像の虚像が観察される。

【0137】図47は、本発明を適用した映像提供装置の第2実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図46における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この映像提供装置は、透過式スクリーン53が設けられていないことを除けば、図46における場合と同様に構成されている。

【0138】図47の映像提供装置では、表示素子51において表示された映像が、投影レンズ52を介することで、その映像の空中像61が、例えば、図46において透過式スクリーン53が設置されていた位置に形成される。この空中像61が、接眼レンズ54を介することにより、ユーザの眼球に入射し、これにより、ユーザの眼球において、表示素子51において表示された映像の虚像が観察される。なお、この場合、図47に、一点破線で示すように、空中像61の近くに、フィールドレンズ55を配置することが可能である。この場合、接眼レンズ54を介して見た画像の周辺光量を増加させることができる。

【0139】図48は、本発明を適用した映像提供装置の第3実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図46における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この映像提供装置は、投影レンズ52および透過式スクリーン53が設けられていないことを除けば、図46における場合と同様に構成されている。

【0140】この映像提供装置では、表示素子51において表示された映像が、接眼レンズ54を、直接介することにより、ユーザの眼球に入射し、これにより、ユーザの眼球において、表示素子51において表示された映像の虚像が観察される。

【0141】表示素子51の表示領域が大きい場合には、図48の実施の形態に示したように、表示素子51において表示された映像を、投影レンズ52で拡大することなく、接眼レンズ54だけを介して見るだけでも、画角を広くするとともに、アイレリーフを長くすることができる。なお、表示素子51の表示領域が小さい場合には、接眼レンズ54の焦点距離が短いと、画角は広くなるが、アイレリーフは短くなる。一方、接眼レンズ54の焦点距離が長いと、アイレリーフは長くなるが、画角が狭くなる。そこで、表示素子51の表示領域が小さい場合には、図46に示したように、表示素子51上の映像を、投影レンズ42で、透過式スクリーン53上に拡大し、その拡大された映像を、接眼レンズ54を介して見るようにすれば良い。この場合、画角を広くするとともに、アイレリーフを長くすることができる。

【0142】図49は、本発明を適用した映像提供装置

の第4実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図46における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この映像提供装置は、表示素子51に代えて、表示素子71およびPBS（偏光ビームスプリッタ）72が設けられている他は、図46における場合と同様に構成されている。

【0143】図示せぬ光源から発せられた照明光としての光は、PBS72において、90度反射され、表示素子（画像表示素子）71に入射する。表示素子71は、反射型の表示デバイスで、そこに入射される光を反射することで、ユーザに提供すべき映像を表示する。

【0144】即ち、反射型の表示デバイスである表示素子71は、画素に相当する多数の素子が平面状に配置されて構成され、各素子の反射率が、映像信号に対応して制御されるようになされている。従って、反射型の表示デバイスに入射した光は、映像信号に対応した反射率で、各素子において反射される。

【0145】この反射光としての映像は、PBS72を透過して、投影レンズ52に入射し、以下、図46における場合と同様にして、ユーザの眼球において、虚像が観察される。

【0146】図49の実施の形態においても、表示素子71で表示された映像が、投影レンズ52によって拡大されるので、表示素子71の表示領域が小さい場合でも、画角を広くするとともに、アイレリーフを長くすることができる。

【0147】なお、PBS72に代えて、ハーフミラーその他の光を分割する素子を設けることも可能である。

【0148】図50は、本発明を適用した映像提供装置の第5実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図47または図49における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この映像提供装置は、表示素子51に代えて、表示素子71およびPBS72が設けられている他は、図47における場合と同様に構成されている。

【0149】この映像提供装置においては、図示せぬ光源から発せられた照明光としての光が、PBS72において、90度反射され、表示素子71に入射する。表示素子71では、そこに入射される光が反射され、その反射光としての映像が、PBS72を透過して、投影レンズ52に入射し、以下、図47における場合と同様にして、ユーザの眼球において、虚像が観察される。なお、この場合にも、図47における場合と同様にフィールドレンズ55を配置することで、画像の周辺光量を増加させることができる。

【0150】図51は、本発明を適用した映像提供装置の第6実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図49における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この映像提供装置は、PBS72が、表示素子51と投影レンズ52との間ではな

く、投影レンズ52と接眼レンズ54との間に設けられている他は、図49における場合と同様に構成されている。

【0151】この場合、図示せぬ光源から発せられた照明光としての光が、PBS72において、90度反射され、投影レンズ52を介して、表示素子71に入射する。表示素子71では、そこに入射される光が反射され、その反射光としての映像が、投影レンズ52およびPBS72を透過して、透過式スクリーン53に拡大投影され、以下、図49における場合と同様にして、ユーザの眼球において、虚像が観察される。

【0152】なお、同様の原理で、図50の実施の形態において、PBS72は、表示素子51と投影レンズ52との間ではなく、投影レンズ52と接眼レンズ54との間に設けることが可能である。

【0153】図52は、本発明を適用した映像提供装置の第7実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図46における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。

【0154】この場合、表示素子51において表示された映像としての光は、投影レンズ52を介して、ミラー82に入射する。ミラー82では、投影レンズ52からの光が、90度反射され、ミラー81に出射される。ミラー81では、ミラー82からの反射光が、さらに、90度反射され、その反射光が、透過式スクリーン53上に投影される。そして、この透過式スクリーン53上に投影された映像が、接眼レンズ54を介することにより、ユーザの眼球に入射し、これにより、ユーザの眼球において、表示素子51において表示された映像の虚像が観察される。

【0155】図53は、本発明を適用した映像提供装置の第8実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図49または図52における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。

【0156】この場合、図示せぬ光源から発せられた照明光としての光は、PBS72において、90度反射され、表示素子71に入射する。表示素子71は、そこに入射される光を反射することで、ユーザに提供すべき映像を形成し、その映像としての反射光は、PBS72および投影レンズ52を介して、ミラー82に入射し、以下、図52における場合と同様にして、ユーザの眼球において、虚像が観察される。

【0157】即ち、図46乃至51の実施の形態では、表示素子51または71、投影レンズ52、接眼レンズ54を一直線上に並べた構成としたが、映像提供装置は、図52や図53に示したように、途中にミラー81および82を挿入することで、光路を折り曲げるような構成とすることができる。この場合、装置の小型化を図ることができる。

【0158】図54は、本発明を適用した映像提供装置

の第9実施の形態の構成例を示している。

【0159】発光ダイオード91R、91G、91Bでは、それぞれ赤色、緑色、青色の光が、照明光として発光され、それぞれの光は、ダイクロイックプリズム92、フライアイレンズ93、およびフィールドレンズ94を介して、PBS95に入射する。PBS95では、フィールドレンズ94からの光が、90度反射され、その反射光は、反射型の表示デバイスである反射型映像表示パネル96に入射する。反射型映像表示パネル96は、そこに入射される光を反射することで、ユーザに提供すべき映像を形成し、その映像としての反射光は、PBS95および投影レンズ97を介して、透過型スクリーン98に拡大投影される。この拡大投影された像は、図1、図13、図24、または図35に示したように構成される接眼レンズ99を介して、ユーザの眼球に入射し、これにより、ユーザの眼球において、反射型映像表示パネル96において表示された映像の虚像が観察される。

【0160】この場合、反射型映像表示パネル96には、赤色、緑色、青色の光が、照明光として照射されるので、いわゆるフィールドシーケンシャル方式により、カラーの虚像を提供することができる。

【0161】図55は、本発明を適用した映像提供装置の第10実施の形態の構成例を示している。なお、図中、図54における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この映像提供装置は、フライアイレンズ93とフィールドレンズ94との間に、ミラー101が設けられており、投影レンズ97と透過型スクリーン98との間に、ミラー102および103が設けられており、さらに、全体が筐体104内に固定されている他は、図54における場合と同様に構成されている。

【0162】この実施の形態では、フライアイレンズ93からの照明光としての光は、ミラー101で90度反射され、フィールドレンズ94を介して、PBS95に入射する。PBS95では、フィールドレンズ94からの光が、90度反射され、その反射光は、反射型映像表示パネル96に入射する。反射型映像表示パネル96は、そこに入射される光を180度反射することで、ユーザに提供すべき映像を形成し、その映像としての反射光は、PBS95および投影レンズ97を介して、ミラー102に入射する。ミラー102では、投影レンズ97からの光が、90度反射され、その反射光は、ミラー103に入射する。ミラー103では、ミラー102からの反射光が、さらに90度反射され、これにより、投影レンズ97で拡大された像が、透過型スクリーン98に投影される。以下、図54における場合と同様にして、ユーザの眼球において、反射型映像表示パネル96において表示された映像の虚像が観察される。

【0163】以上のように、ミラー101乃至103に

よって光路を曲げることで、装置の小型化を図ることができる。

【0164】図56は、本発明を適用した映像提供装置の第11実施の形態の構成例を示している。

【0165】この実施の形態においては、図55に示した映像提供装置を2組設けて、それぞれにより形成される虚像を、左眼と右眼で観察することができるようになされている。

【0166】即ち、図56において、発光ダイオード91RL、91GL、91BL、ダイクロイックプリズム92L、フライアイレンズ93L、フィールドレンズ94L、PBS95L、反射型映像表示パネル96L、投影レンズ97L、透過型スクリーン98L、接眼レンズ99L、ミラー101L乃至103Lは、図55の発光ダイオード91R、91G、91B、ダイクロイックプリズム92、フライアイレンズ93、フィールドレンズ94、PBS95、反射型映像表示パネル96、投影レンズ97、透過型スクリーン98、接眼レンズ99、ミラー101乃至103とそれぞれ同様に構成され、ユーザの左眼に、虚像を提供するようになされている。また、図56において、発光ダイオード91RR、91GR、91BR、ダイクロイックプリズム92R、フライアイレンズ93R、フィールドレンズ94R、PBS95R、反射型映像表示パネル96R、投影レンズ97R、透過型スクリーン98R、接眼レンズ99R、ミラー101R乃至103Rも、図55の発光ダイオード91R、91G、91B、ダイクロイックプリズム92、フライアイレンズ93、フィールドレンズ94、PBS95、反射型映像表示パネル96、投影レンズ97、透過型スクリーン98、接眼レンズ99、ミラー101乃至103とそれぞれ同様に構成され、ユーザの右眼に、虚像を提供するようになされている。

【0167】従って、この場合、ユーザは、虚像を、左眼と右眼で観察することができる。

【0168】なお、図54におけるミラー101乃至103や、図55におけるミラー101L乃至103Lおよび101R乃至103Rの配置位置は、図54や図55に示した位置に限定されるものではない。即ち、図54や図55の実施の形態では、光路を、図面と平行な方向に曲げるように、ミラーを配置したが、その他、例えば、ミラーは、光路を、図面と垂直な方向に曲げるように配置することも可能である。

【0169】以上のように、接眼レンズとして、図1、図13、図24、または図35に示したように構成されるものを利用した映像提供装置によれば、高解像度で、広画角の映像を提供することが可能となる。また、そのような映像提供装置を、ユーザ以外のものに固定した場合に、例えば、ユーザが動くことによって、ユーザの瞳が光軸からずれても、高解像度の映像（虚像）を提供することができる。また、図1、図13、図24、または

図 35 に示した接眼レンズは、アイレリーフを長くすることができるので、ユーザが光軸方向に動いた場合にも対処可能となる。

【0170】また、本実施の形態では、第 1 レンズ群 1 乃至第 4 レンズ群 4 のうちの、第 3 レンズ群 3 または第 4 レンズ群 4 の 1 面だけ非球面とするようにしたが、第 3 レンズ群 3 または第 4 レンズ群 4 の 2 面以上を非球面とするようにしても良い。なお、第 1 レンズ群 1 や第 2 レンズ群 2 の面を非球面としても良いが、第 3 レンズ群 3 または第 4 レンズ群 4 の面を非球面とする方が、非点収差やコマ収差を低減することができる。

【0171】さらに、本実施の形態では、レンズの 4 次の非球面係数を制限するようにしたが、その他、例えば、レンズの 6 次の非球面係数を制限することによっても、レンズの 4 次の非球面係数を制限した場合と同様の性能を得ることが可能である。

【0172】なお、第 3 レンズ群 3 または第 4 レンズ群 4 の中の 1 面も非球面としない場合には、非点収差や歪曲収差などが大きくなり、上述したような解像力を保ちながら、対角の画角を 40 度以上にして、0.75 f 以上のアイレリーフを実現することは困難である。

【0173】

【発明の効果】請求項 1 に記載の接眼レンズによれば、第 1 のレンズ群が、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、第 2 および第 3 のレンズ群が、正レンズで構成され、第 4 のレンズ群が、負レンズで構成されている。そして、第 3 または第 4 のレンズ群のうちの少なくとも 1 面が非球面とされている。従って、アイレリーフが長く、瞳位置が光軸からずれても、広い画角に亘って、高解像力な接眼レンズを提供することが可能となる。

【0174】請求項 7 に記載の虚像提供装置によれば、映像の虚像を形成する光学系における第 1 のレンズ群が、正レンズと負レンズとを順次接合して構成され、第 2 および第 3 のレンズ群が、正レンズで構成され、第 4 のレンズ群が、負レンズで構成されている。そして、第 3 または第 4 のレンズ群のうちの少なくとも 1 面が非球面とされている。従って、光学系のアイレリーフを長くするとともに、瞳位置が光軸からずれても、広い画角に亘って、高解像度の映像（虚像）を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用した接眼レンズの第 1 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 2】虚像の、中央と端との間の中間領域を示す図である。

【図 3】図 1 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 4】図 1 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 5】図 1 において、瞳位置がずれた場合の光路を示

す光路図である。

【図 6】瞳位置がずれた場合の、図 1 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 7】図 1 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 8】図 1 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 9】瞳位置がずれた場合の、図 1 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 10】図 1 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 11】図 1 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 12】瞳位置がずれた場合の、図 1 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 13】本発明を適用した接眼レンズの第 2 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 14】図 13 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 15】図 13 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 16】図 13 において、瞳位置がずれた場合の光路を示す光路図である。

【図 17】瞳位置がずれた場合の、図 13 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 18】図 13 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 19】図 13 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 20】瞳位置がずれた場合の、図 13 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 21】図 13 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 22】図 13 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 23】瞳位置がずれた場合の、図 13 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 24】本発明を適用した接眼レンズの第 3 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 25】図 24 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 26】図 24 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 27】図 24 において、瞳位置がずれた場合の光路を示す光路図である。

【図 28】瞳位置がずれた場合の、図 24 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 29】図 24 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 30】図 24 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 31】瞳位置がずれた場合の、図 24 の接眼レンズ

の横収差を示す図である。

【図 3 2】図 2 4 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 3 3】図 2 4 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 3 4】瞳位置がずれた場合の、図 2 4 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 3 5】本発明を適用した接眼レンズの第 4 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 3 6】図 3 5 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 3 7】図 3 5 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 3 8】図 3 5 において、瞳位置がずれた場合の光路を示す光路図である。

【図 3 9】瞳位置がずれた場合の、図 3 5 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 4 0】図 3 5 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 4 1】図 3 5 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 4 2】瞳位置がずれた場合の、図 3 5 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 4 3】図 3 5 の接眼レンズの球面収差（色収差）、非点収差、および歪曲収差を示す図である。

【図 4 4】図 3 5 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 4 5】瞳位置がずれた場合の、図 3 5 の接眼レンズの横収差を示す図である。

【図 4 6】本発明を適用した映像提供装置の第 1 実施の

形態の構成例を示す図である。

【図 4 7】本発明を適用した映像提供装置の第 2 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 4 8】本発明を適用した映像提供装置の第 3 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 4 9】本発明を適用した映像提供装置の第 4 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 5 0】本発明を適用した映像提供装置の第 5 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 5 1】本発明を適用した映像提供装置の第 6 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 5 2】本発明を適用した映像提供装置の第 7 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 5 3】本発明を適用した映像提供装置の第 8 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 5 4】本発明を適用した映像提供装置の第 9 実施の形態の構成例を示す図である。

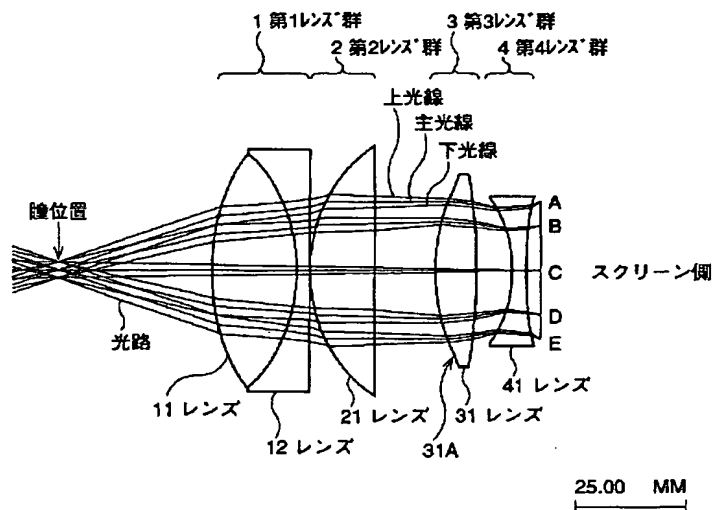
【図 5 5】本発明を適用した映像提供装置の第 10 実施の形態の構成例を示す図である。

【図 5 6】本発明を適用した映像提供装置の第 11 実施の形態の構成例を示す図である。

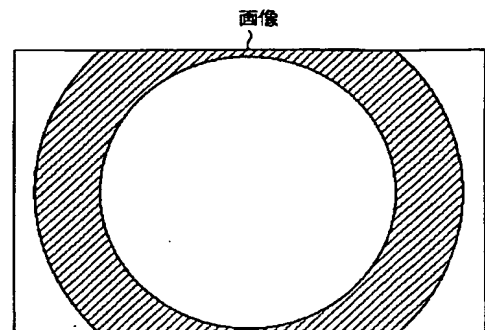
【符号の説明】

1 第 1 レンズ群, 2 第 2 レンズ群, 3 第 3 レンズ群, 4 第 4 レンズ群, 11, 12, 21, 31, 41 レンズ, 31A, 31B, 41A, 41B レンズの面, 51 表示素子, 52 投影レンズ, 53 透過式スクリーン, 54 接眼レンズ, 55 フィールドレンズ, 61 空中像, 71 表示素子, 72 PBS, 81, 82 ミラー

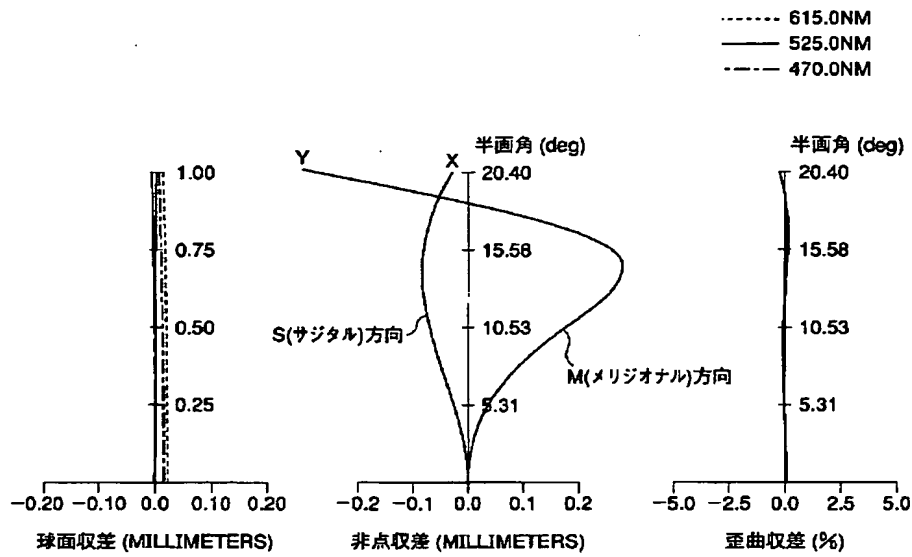
【図 1】



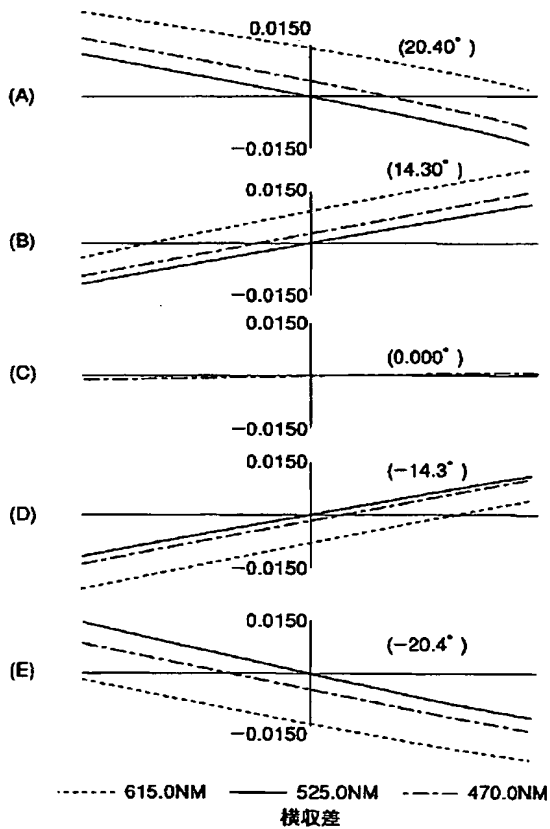
【図 2】



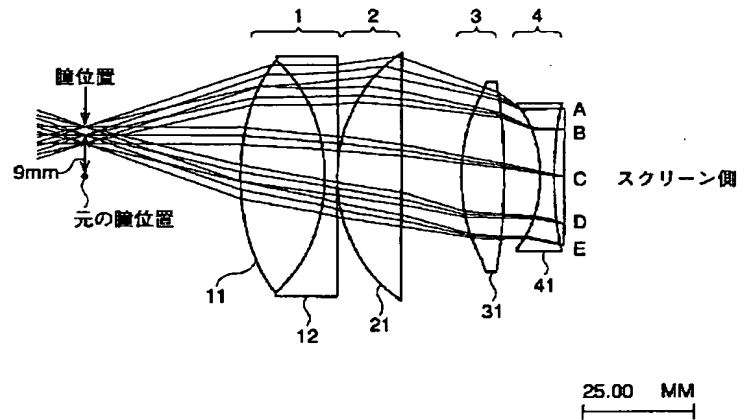
【図3】



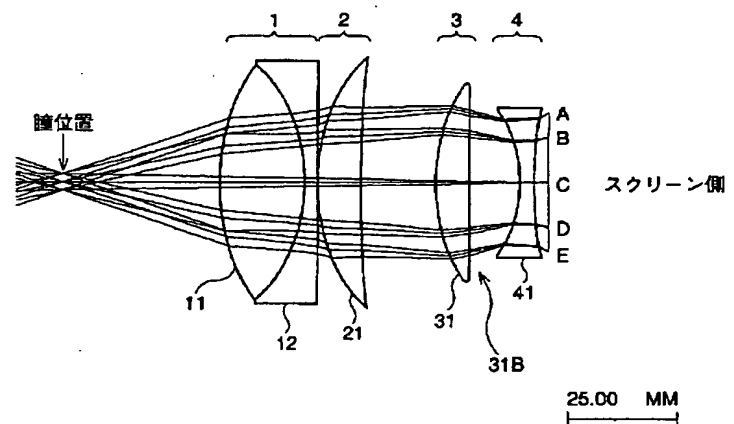
【図4】



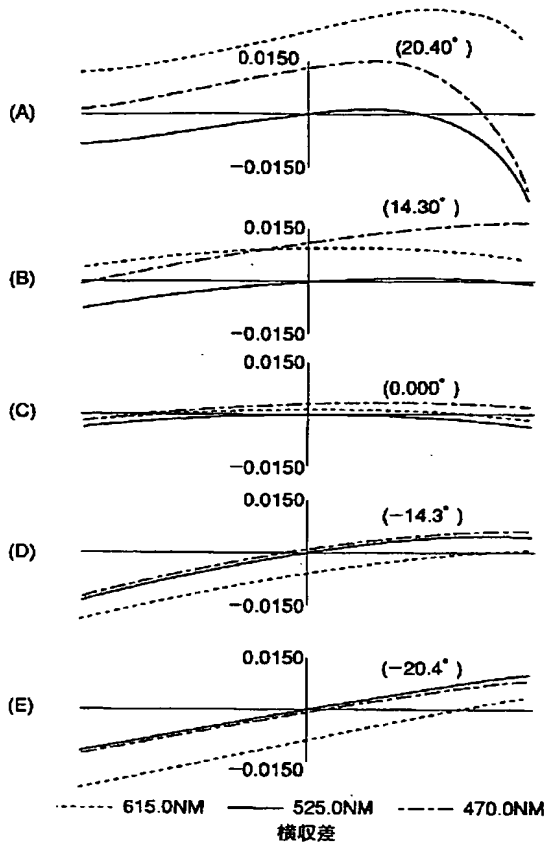
【図5】



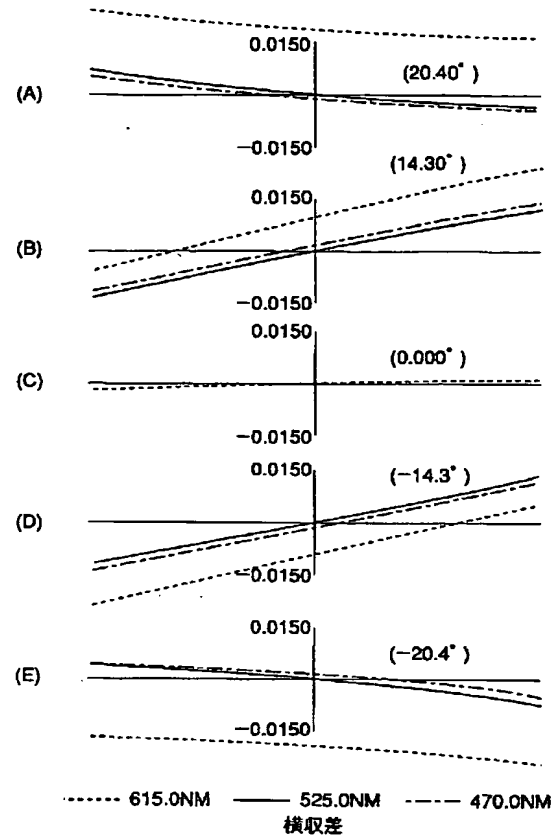
【図13】



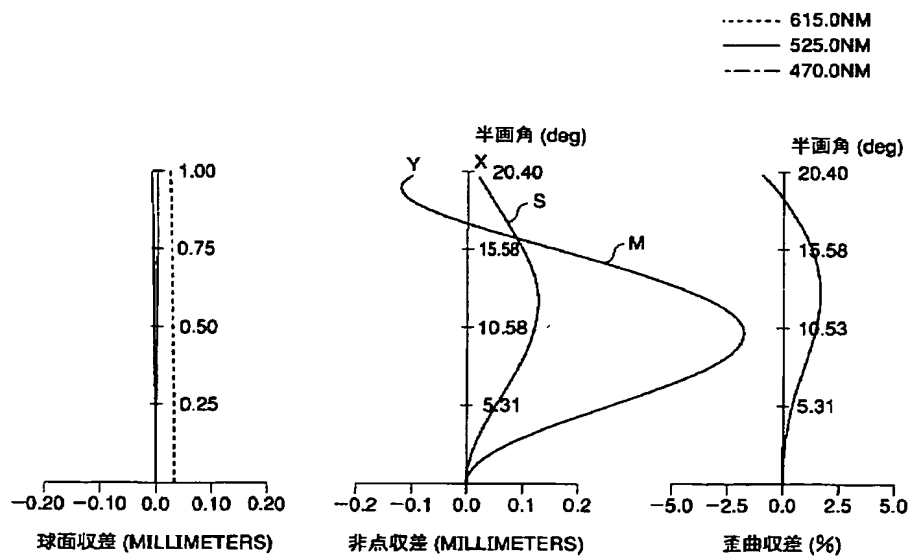
【圖 6】



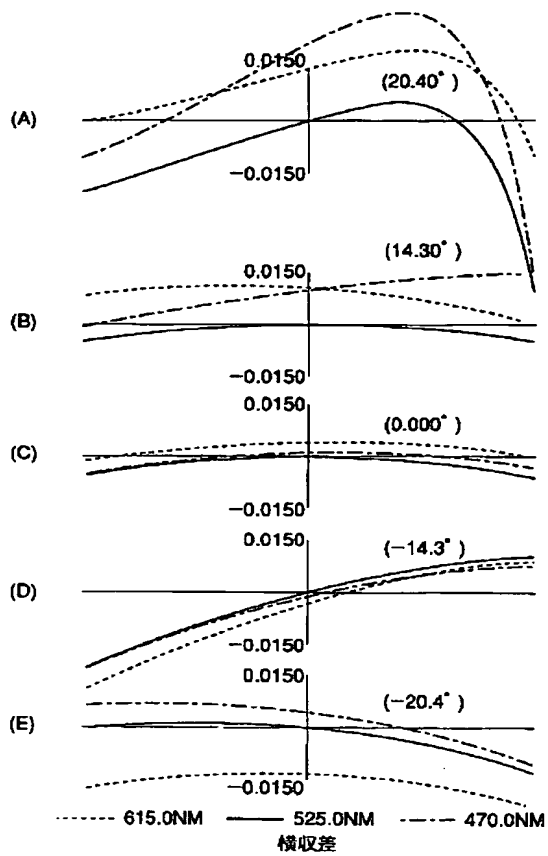
【圖 8】



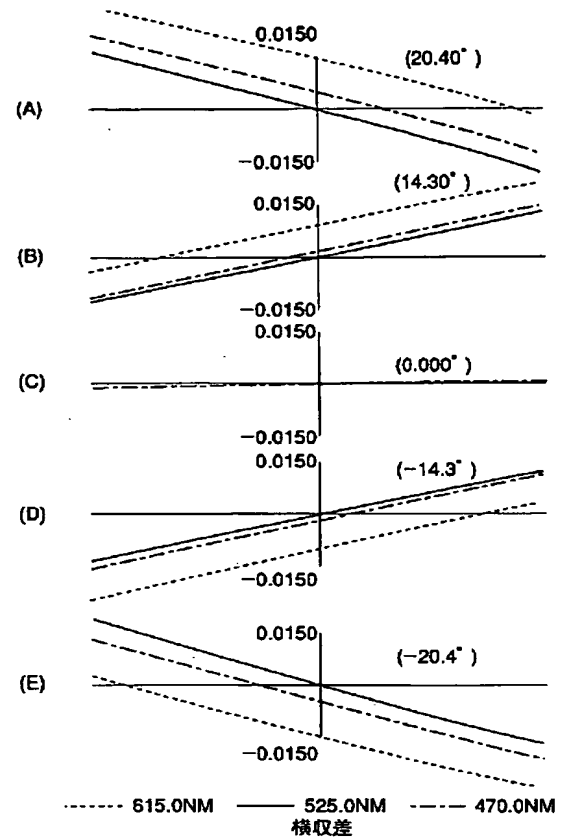
【圖 7】



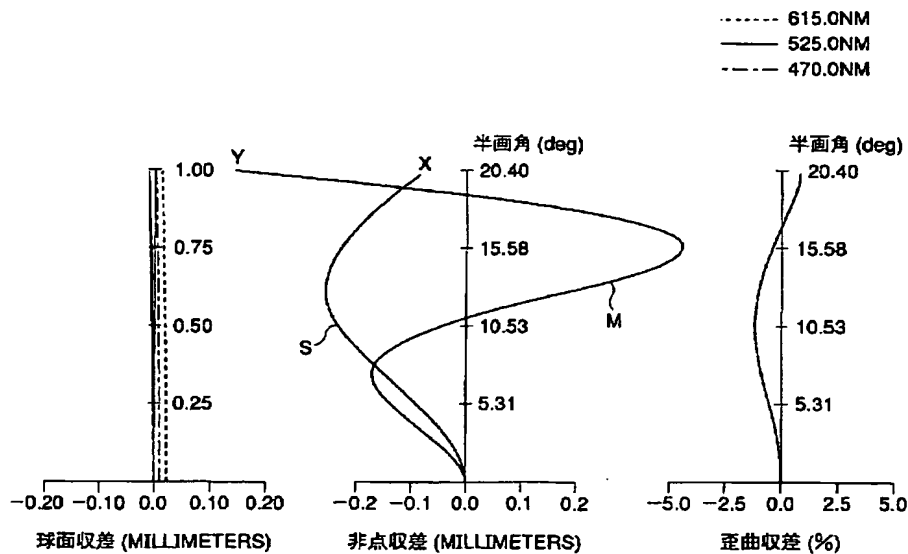
【圖 9】



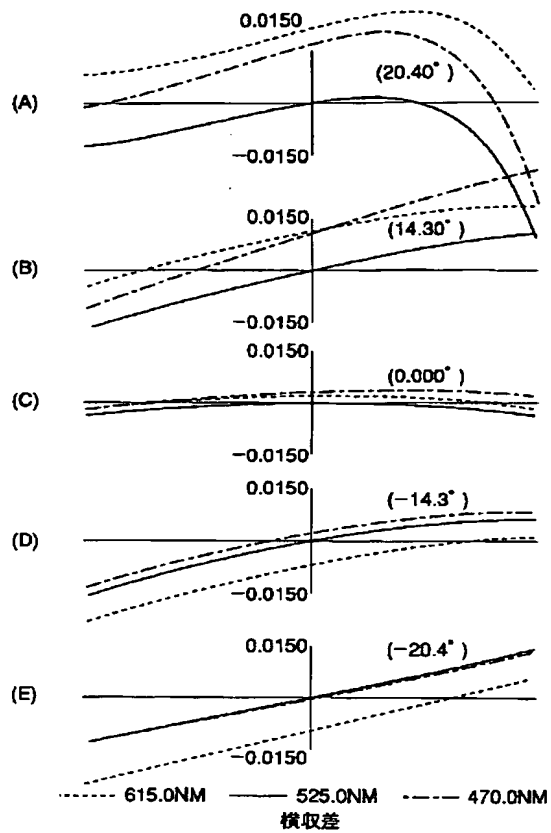
【圖 1 1】



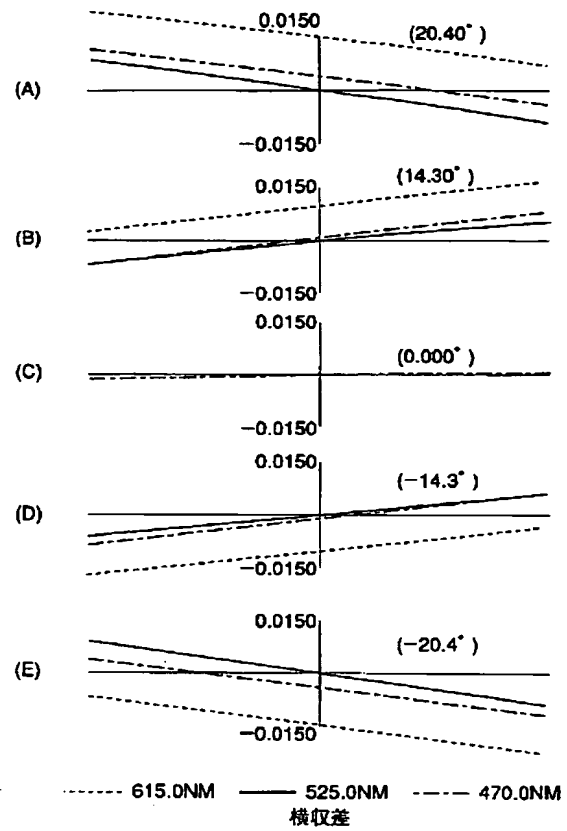
【圖 1 0】



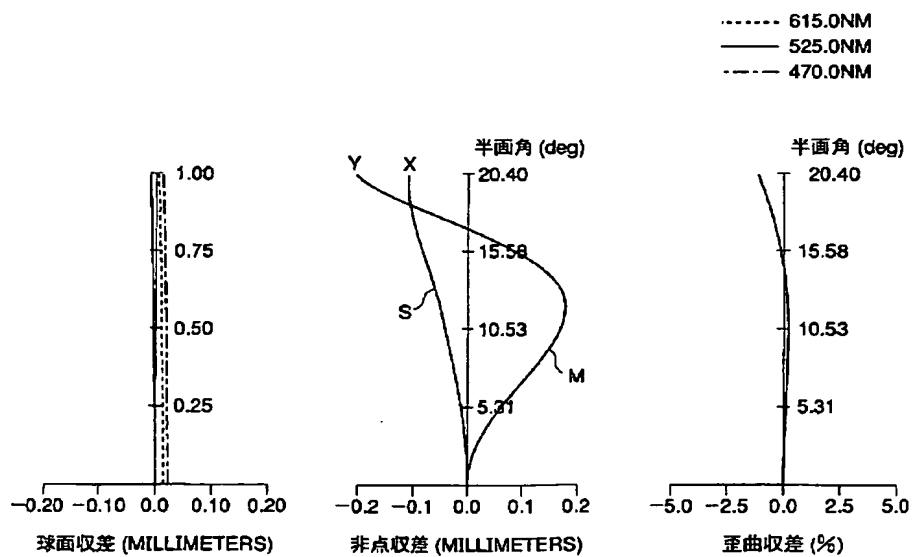
【圖 1 2】



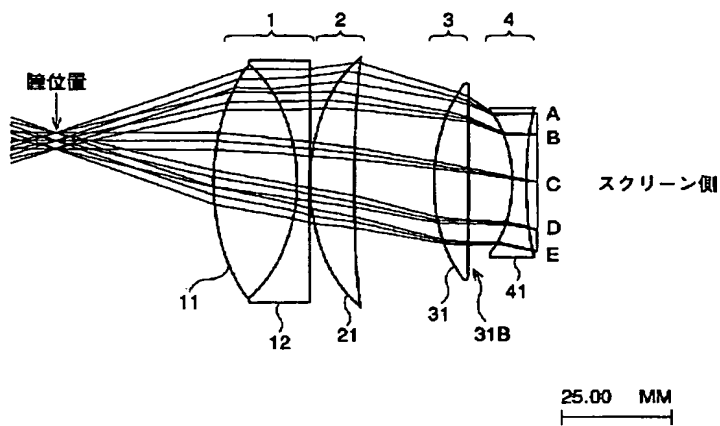
【圖 1 5】



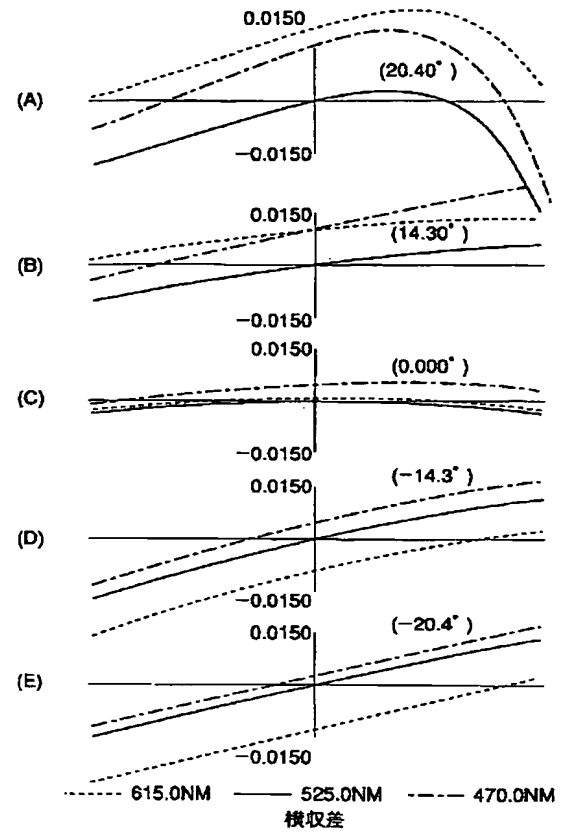
【圖 1 4】



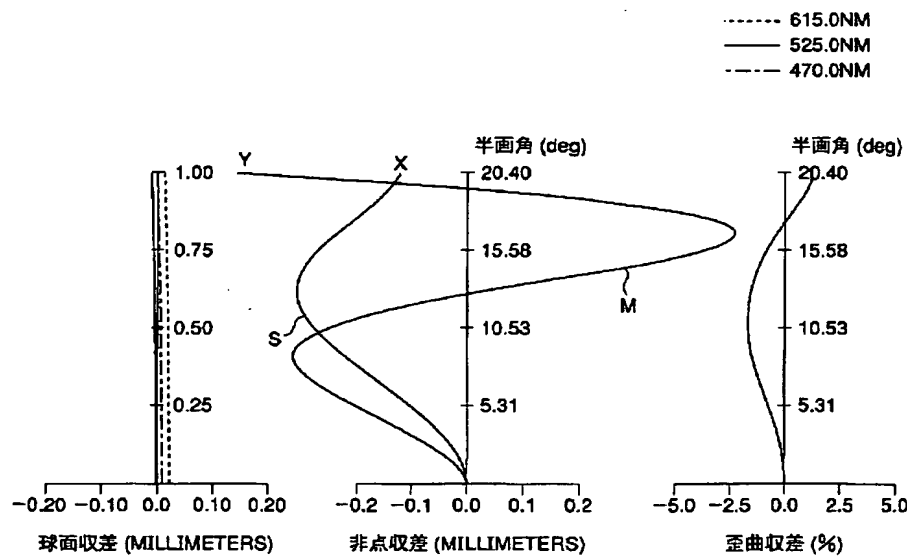
【図 16】



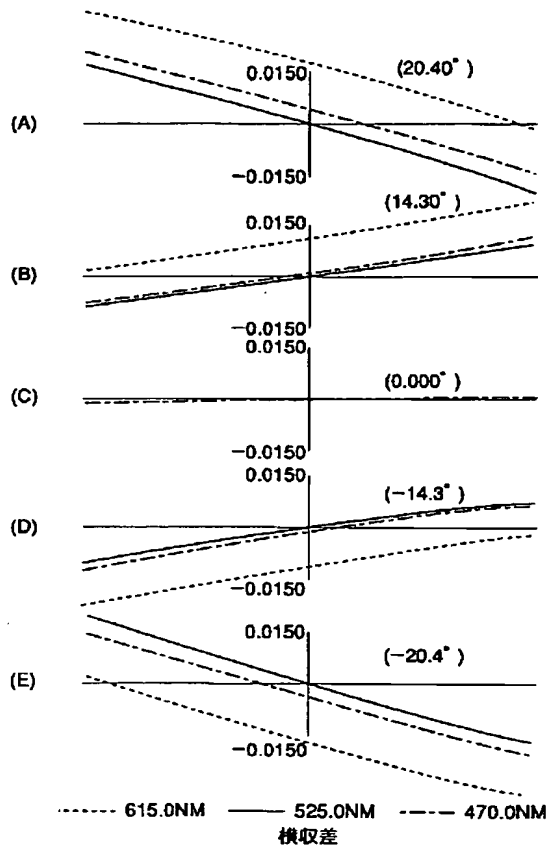
【図 17】



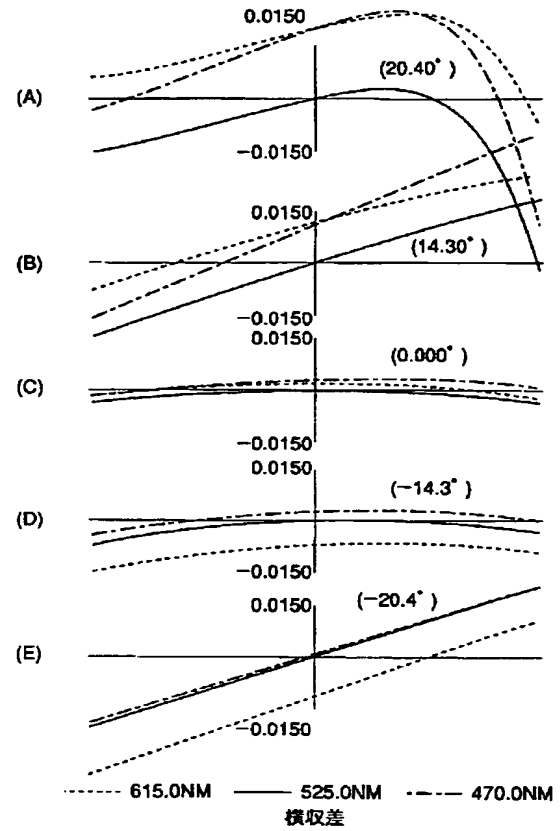
【図 18】



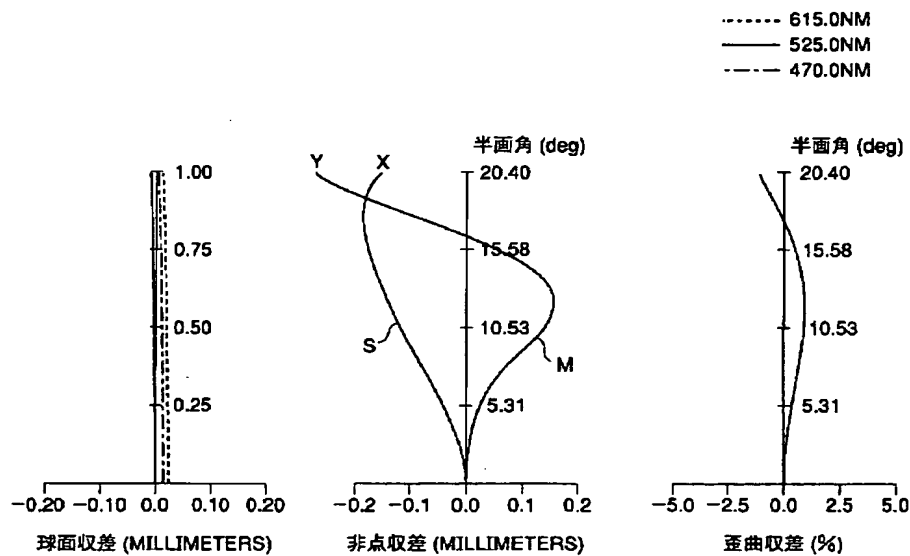
【圖 19】



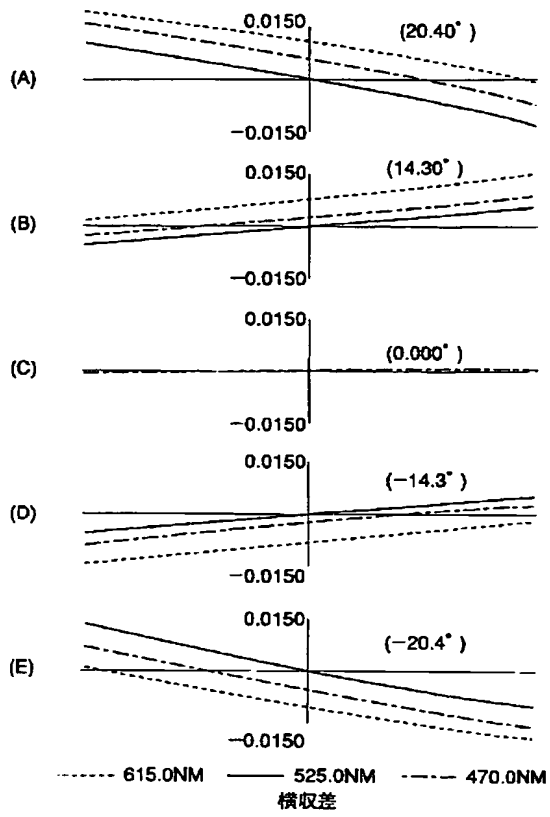
【圖 20】



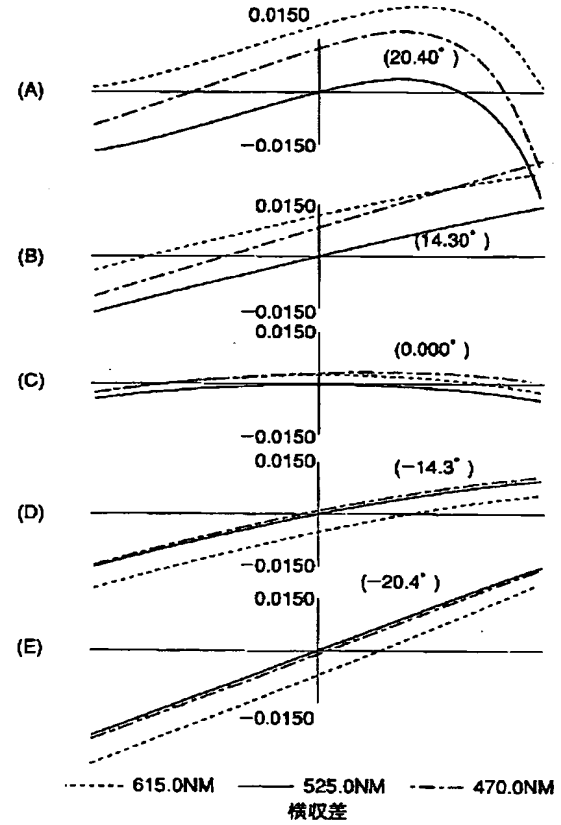
【圖 21】



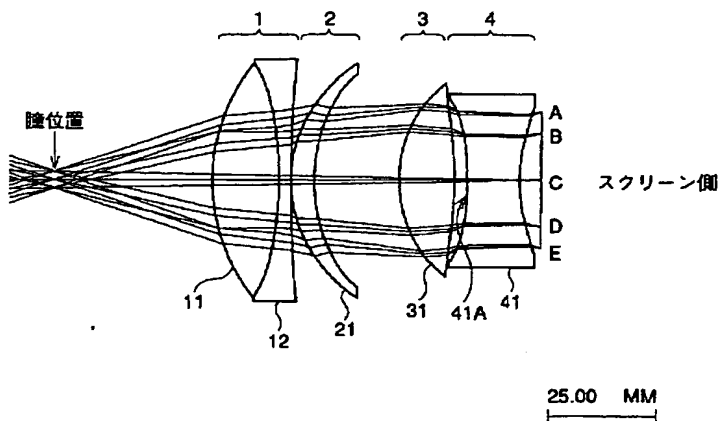
【図 2 2】



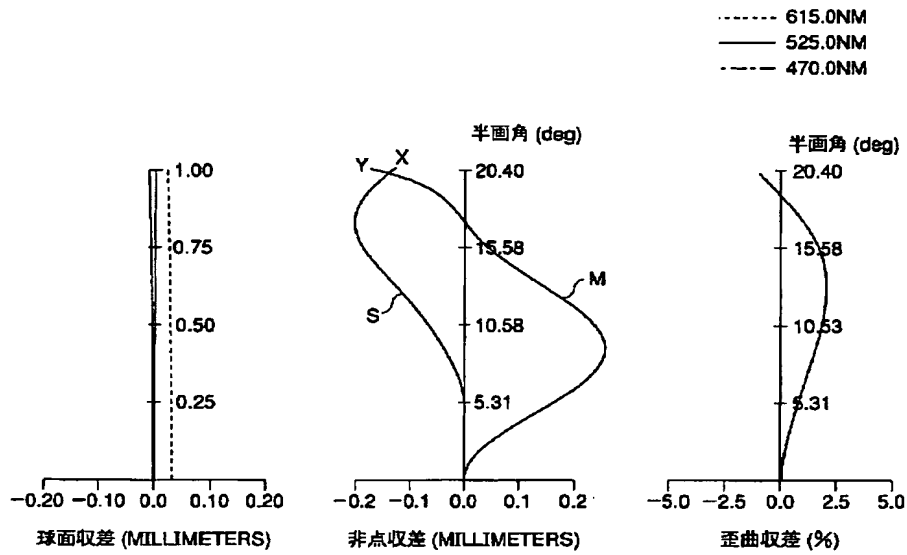
【図 2 3】



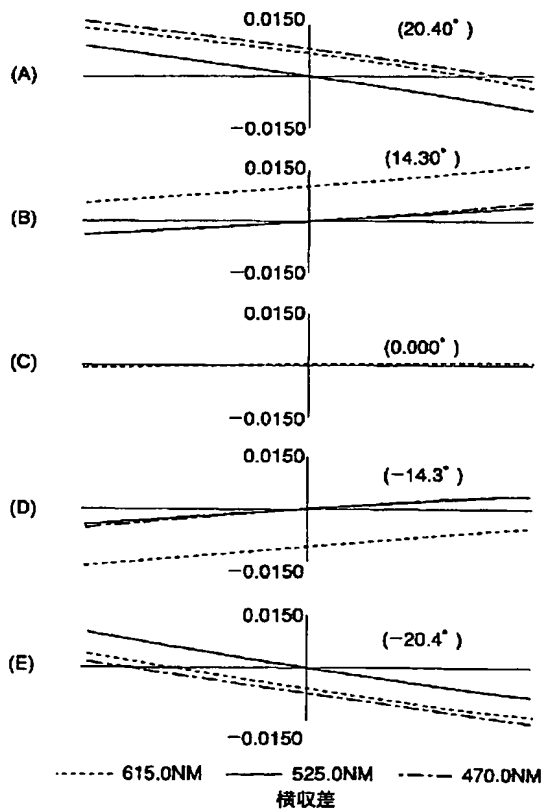
【図 2 4】



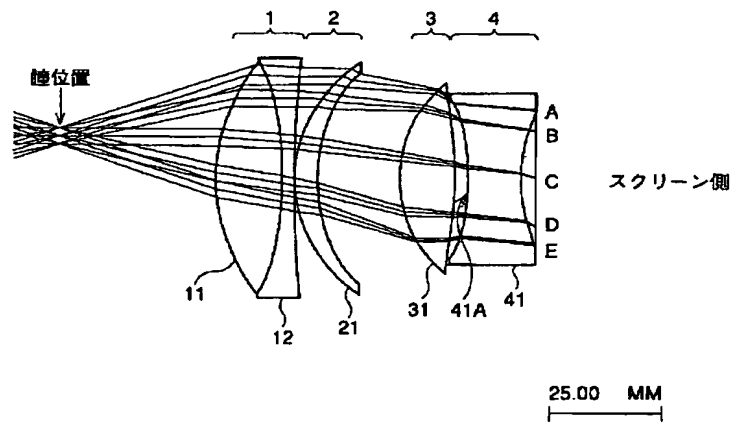
【図 2 5】



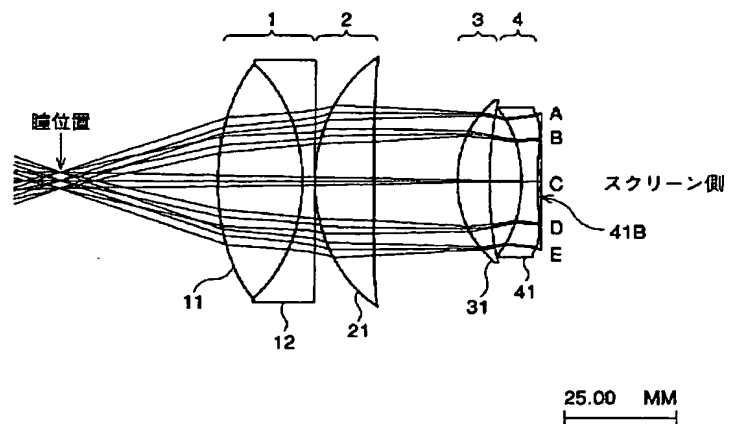
【図 2 6】



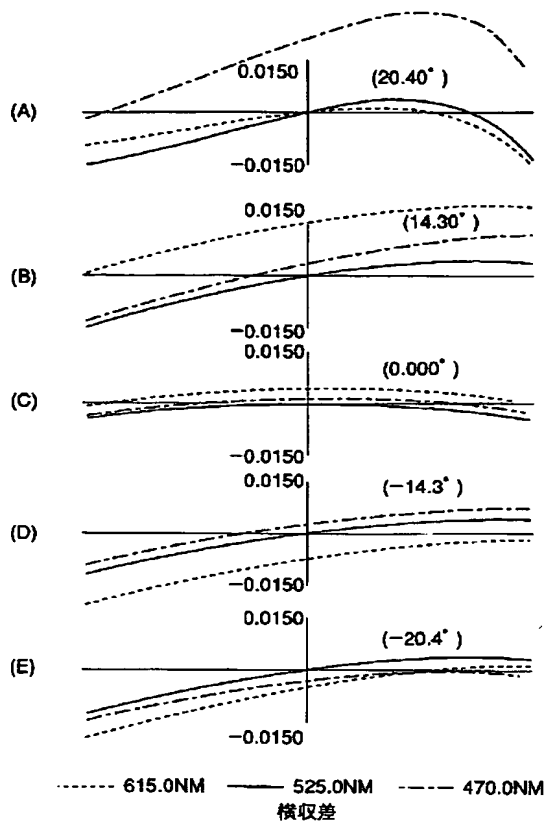
【図 2 7】



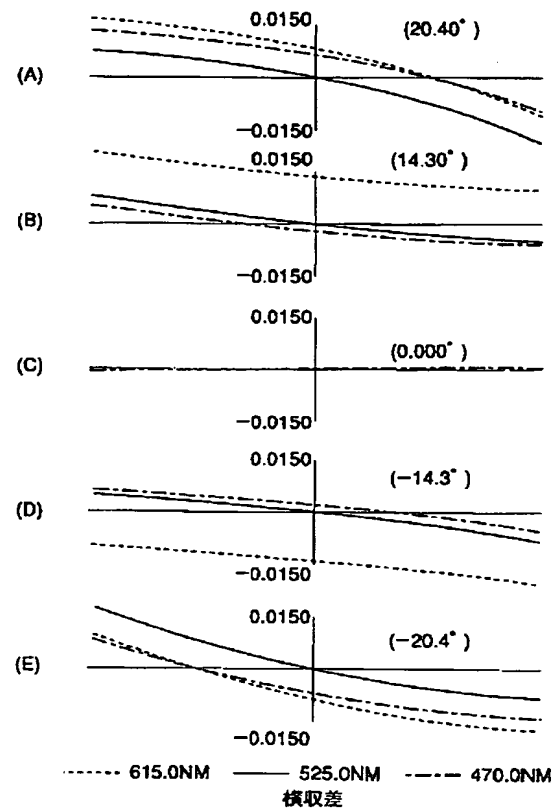
【図 3 5】



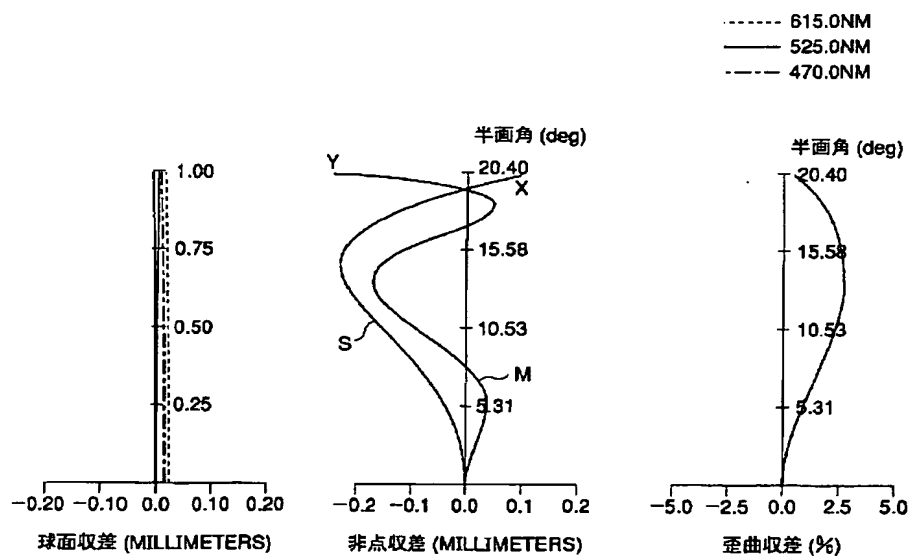
【圖 28】



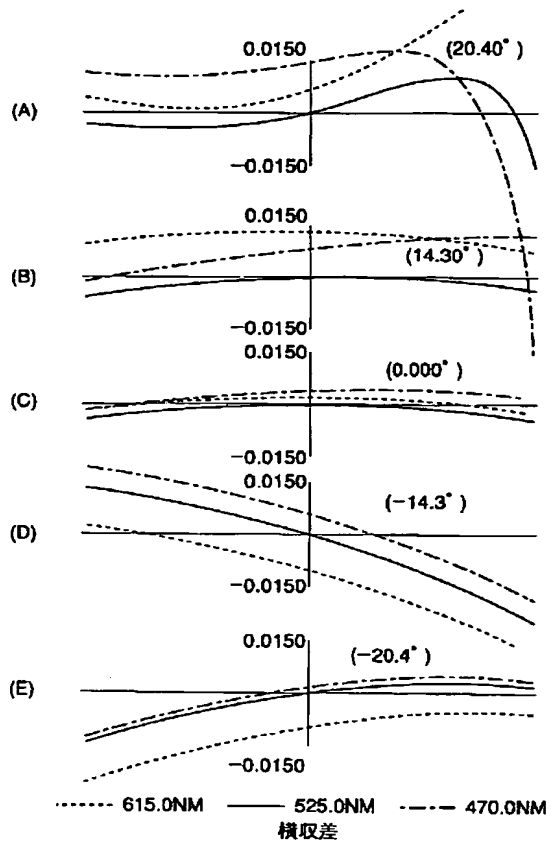
【圖 30】



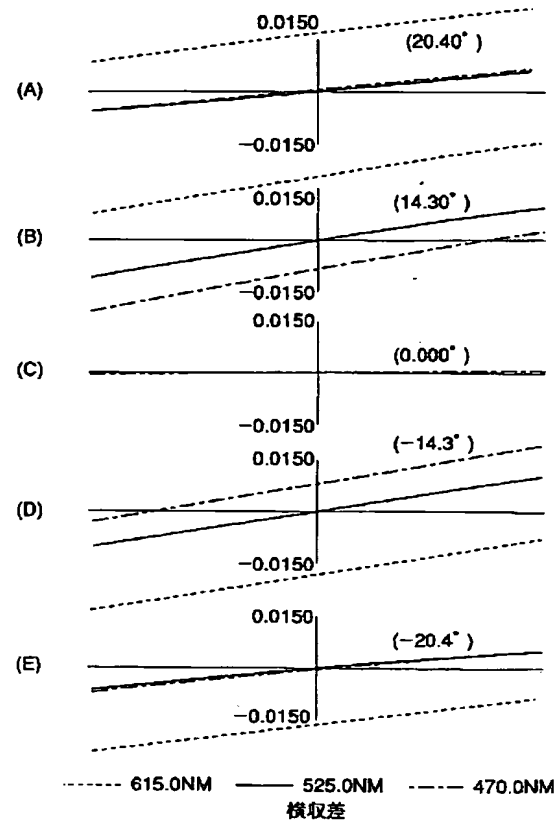
【圖 29】



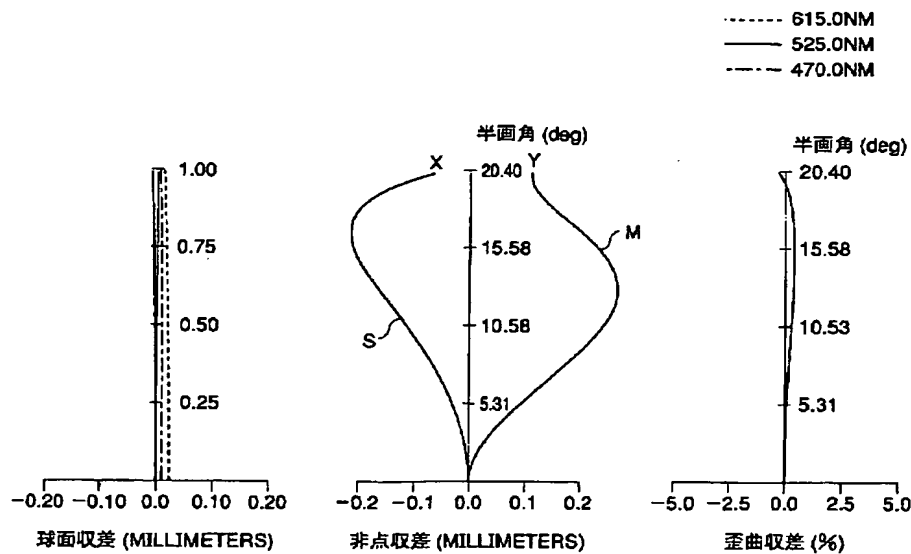
【圖 3 1】



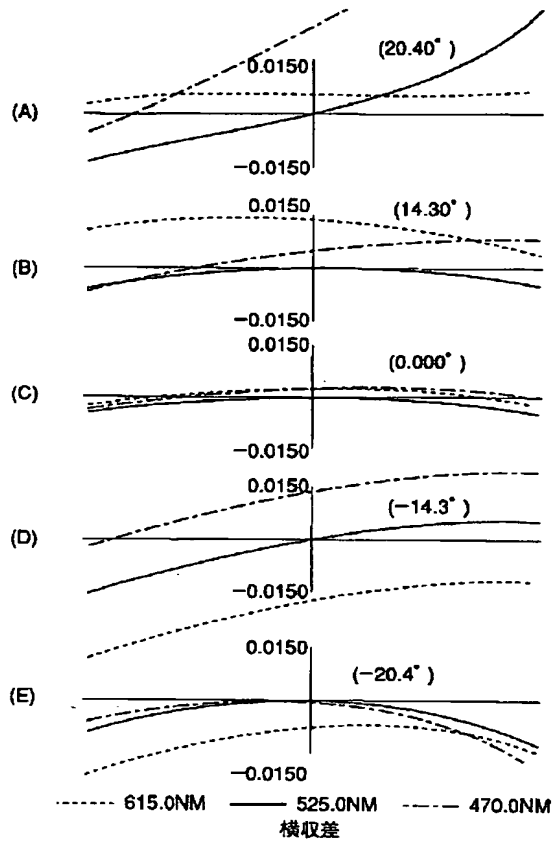
【圖 3 3】



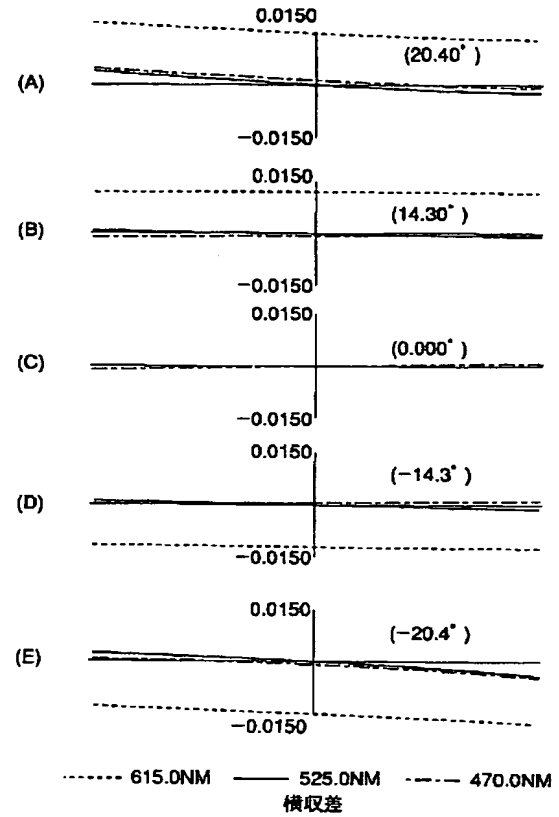
【圖 3 2】



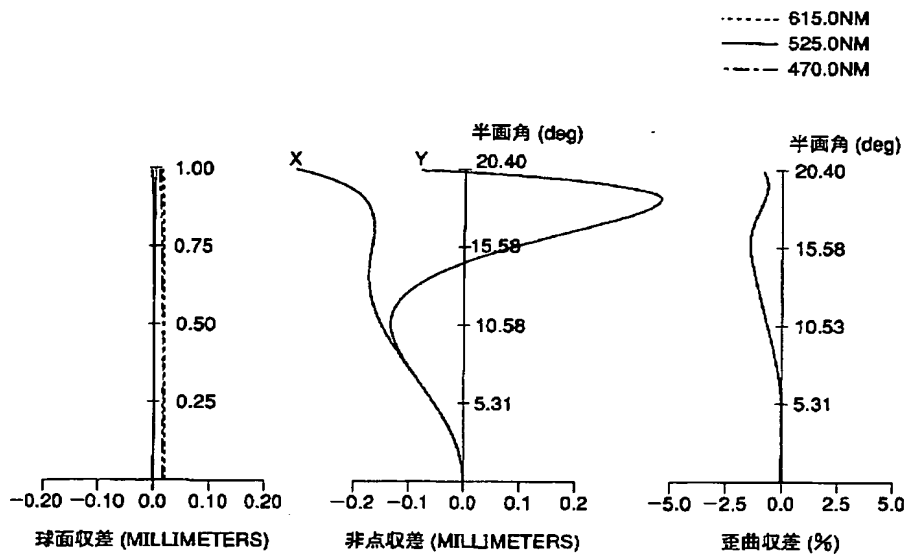
【圖 3 4】



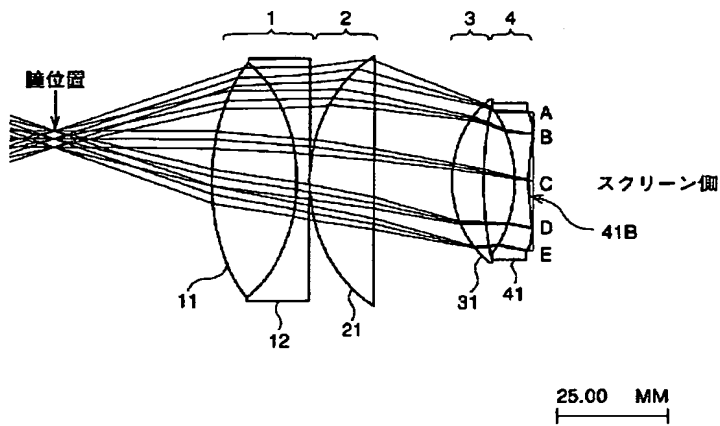
【圖 3 7】



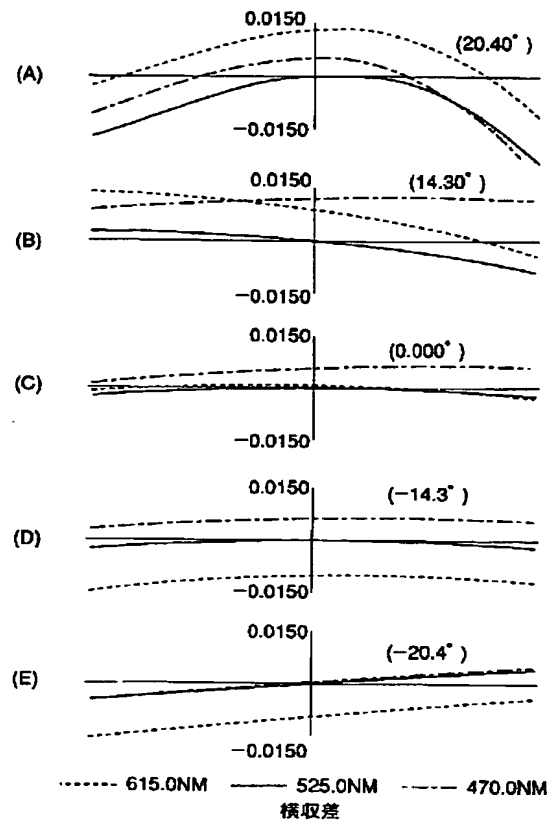
【圖 3 6】



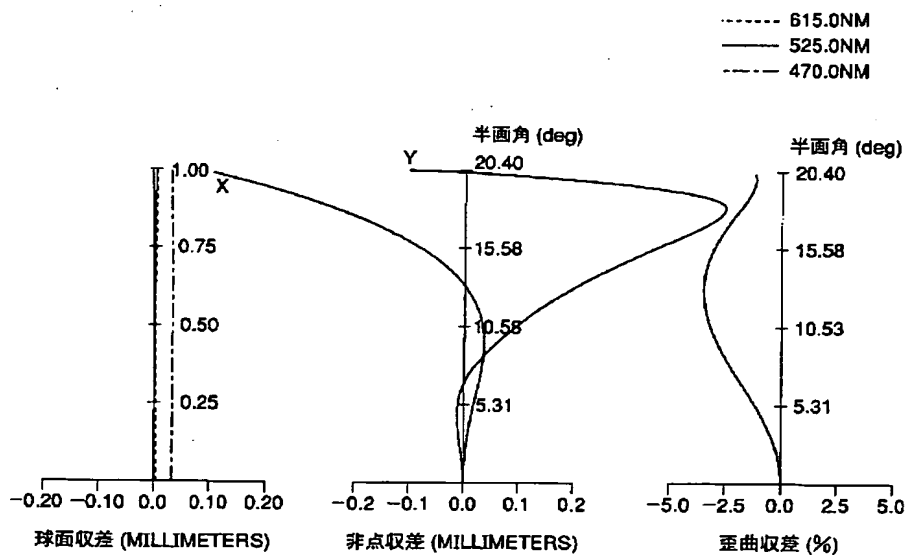
【図 38】



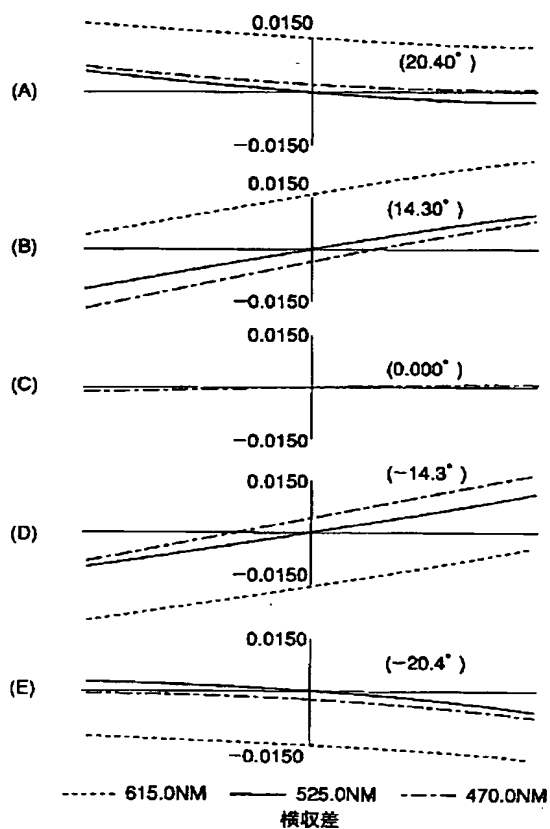
【図 39】



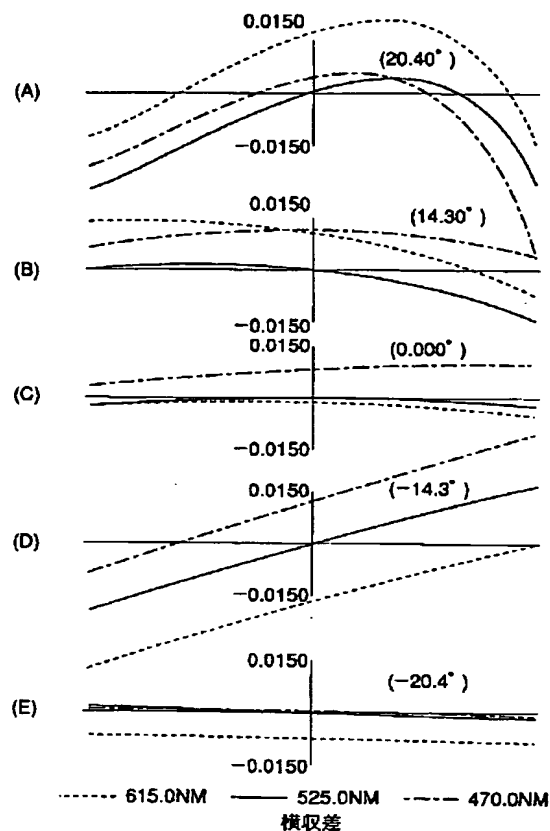
【図 40】



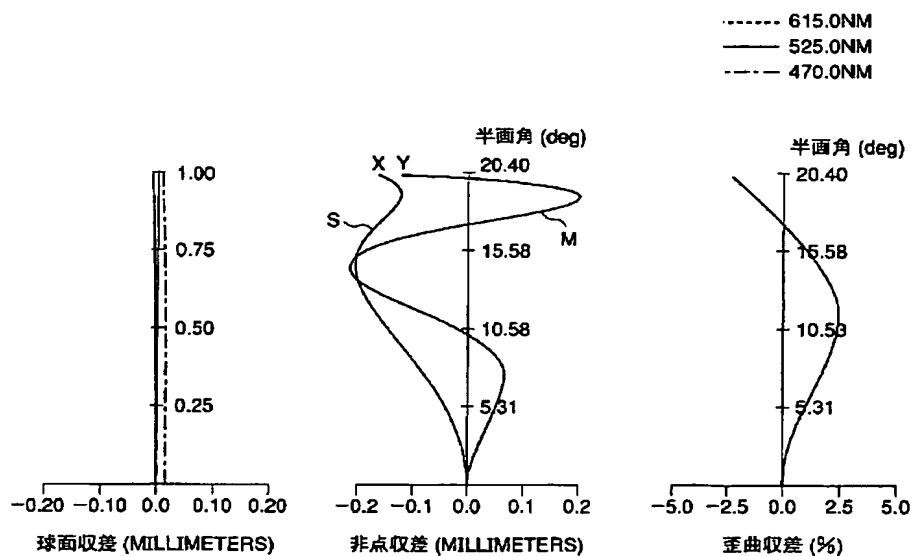
【圖 4 1】



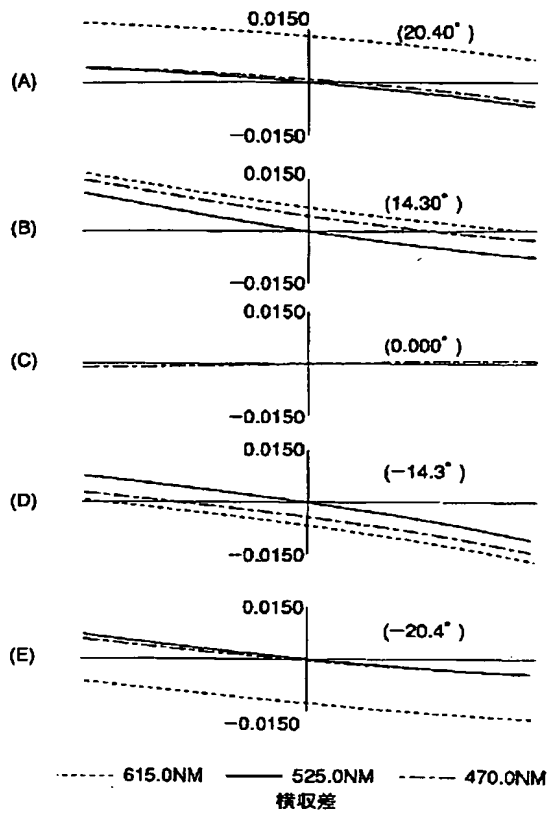
【圖 4 2】



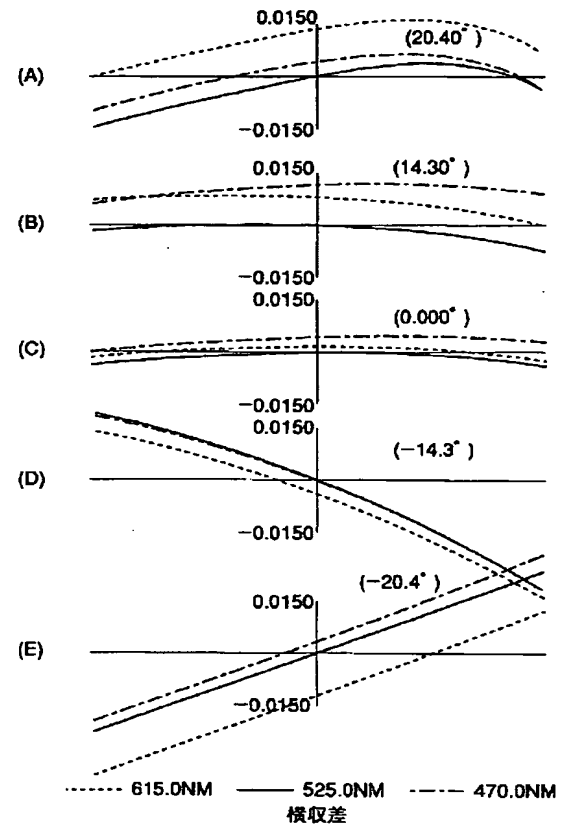
【圖 4 3】



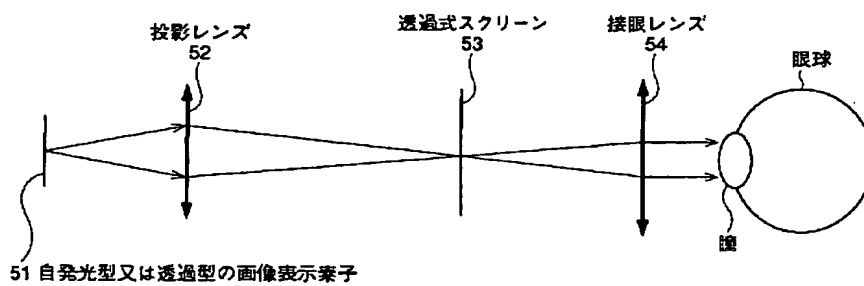
【図 4 4】



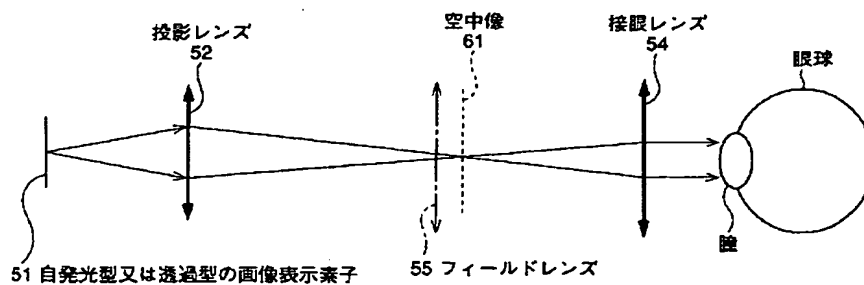
【図 4 5】



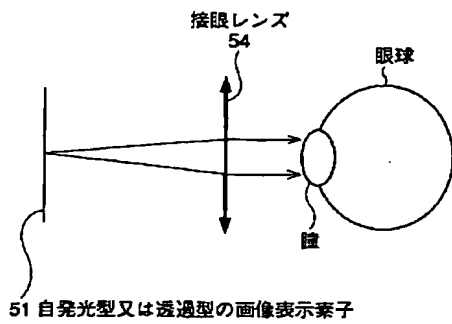
【図 4 6】



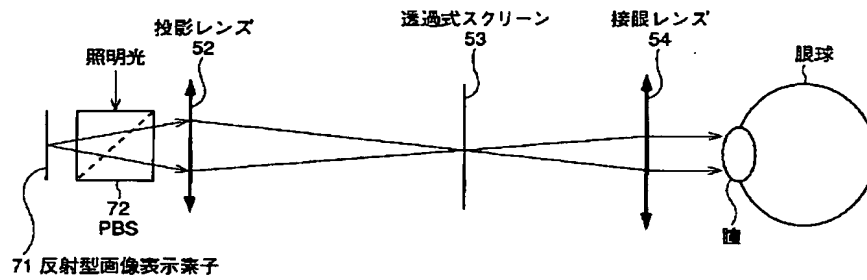
【図 4 7】



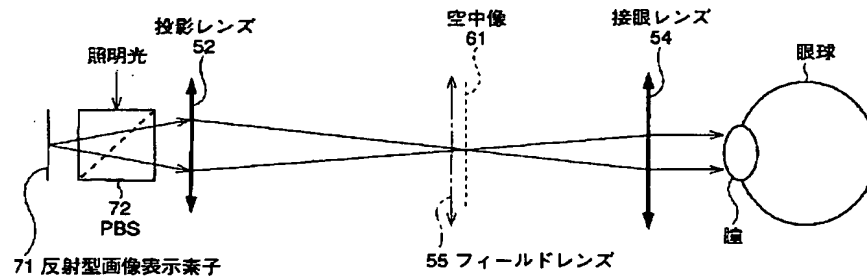
【図 4 8】



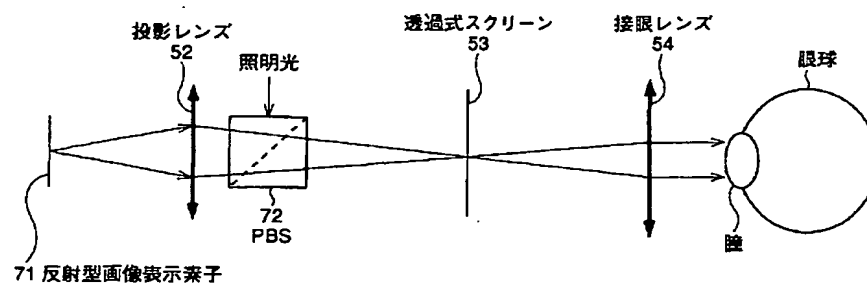
【図 4 9】



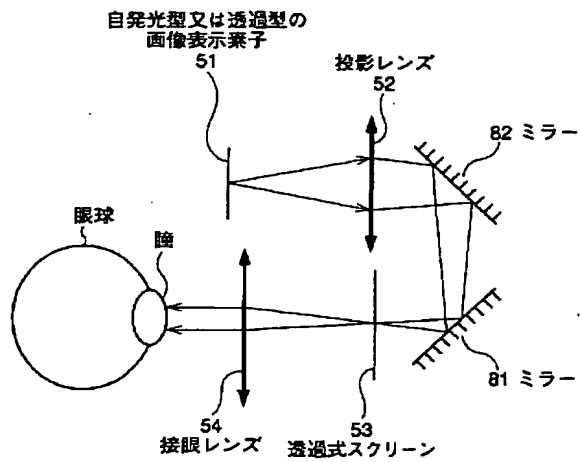
【図 5 0】



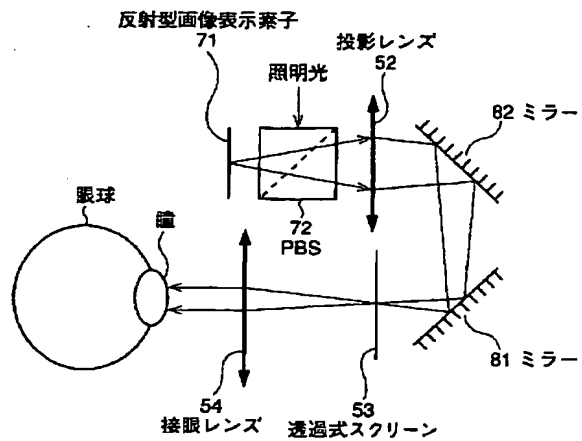
【図 5 1】



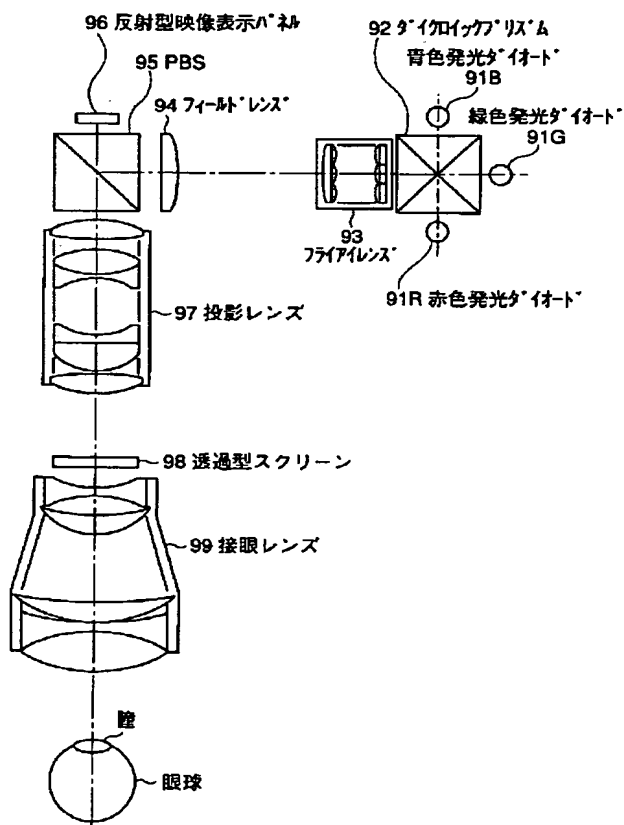
【図52】



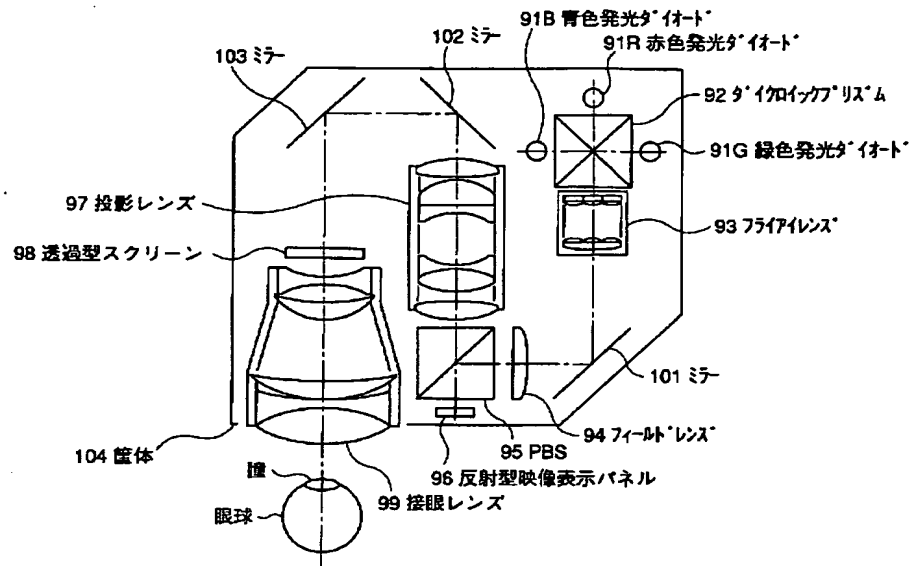
【図53】



【図54】



【図 5 5】



【図 5 6】

